

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén

YTTRANSPORT AV VÄXTNÄRING FRÅN STALL- GÖDSLAD ÅKER

Rikard Jernlås

TCA-UTLAKNING PÅ LERJORD

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER VID ÖJEBYN

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER VID RÖBÄCKSDALEN

Rikard Jernlås och Per Klingspor

NITRATUTLAKNING OCH BEVATTNING

Ekohydrologi 13

Uppsala 1983

Avdelningen för vattenvård
Swedish University of Agricultural Sciences
Division of Water Management

ISBN 91-576-1514-4

ISSN 0347-9307

FÖRORD

I detta nummer av Ekohydrologi ingår fem uppsatser. Fyra av dem gäller växtnäringsförluster från åker och en utlakning av en pesticid (TCA). Alla artiklarna är slutrapporter över olika projekt. De om Öjebyn och Röbbäcksdalen markerar slutpunkter för delar av vårt rikstäckande stationsnät. Av ekonomiska skäl kan vi inte hålla stationerna igång. Arbetena om nitratutlakning och bevattning gäller försöksfältet på Plönningeskolan i Halland. Detta försöksfält har utgått av tekniska skäl.

Stiftelsen Oscar och Lili Lamms minne betalade den första och Sveriges lantbruksuniversitet de fyra nästföljande undersökningarna.

1983-03-25

Nils Brink

INNEHÅLL

| | |
|--|----|
| Brink, N., Gustavsson, A.S. & Ulén, B. 1983. Yttransport av växtnäring från stallgödslad åker. <i>Ekohydrologi nr 13</i> , 3-14. | 3 |
| Jernlås, R. 1983. TCA-utlakning på lerjord. <i>Ekohydrologi nr 13</i> , 15-20. | 15 |
| Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. <i>Ekohydrologi nr 13</i> , 21-33. | 21 |
| Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Röbbäcksdalen. <i>Ekohydrologi nr 13</i> , 35-48. | 35 |
| Jernlås, R. & Klingspor, P. 1983. Nitratutlakning och bevattning. <i>Ekohydrologi nr 13</i> , 49-52. | 49 |

YTTRANSPORT AV VÄXTNÄRING FRÅN STALLGÖDSLAD ÅKER

Surface transport of plant nutrient from field spread with manure.

Nils Brink, Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén

Abstract. Nutrient losses from winter-spread manure with surface runoff were measured on plots in central Sweden.

The concentrations of ammonium nitrogen, organic nitrogen, phosphate, and in some years also potassium were much higher in surface water from plots with manure than from plots without.

The losses were dependent on the surface runoff which was dependent on the amount of snow, on whether the soil was frozen and if so for how long.

The manure was calculated to give mean losses of 8 kg N, 2 kg P, and 15 kg K per hectare and year.

INLEDNING

Stallgödsel sprids ofta i snön och på tjälad mark. Anledningen kan vara att lagringsbehållarna för flytgödsel är bräddfulla, att körskador på jorden undviks eller att det ur arbetskraftssynpunkt är lämpligt.

Under årens lopp har olika observationer gjorts som tyder på att stallgödelspridning stundom kan leda till vattenvårdsproblem och stundom inte (cf Brink & Joelsson och Lingsten & Brink och där refererade skrifter). Speciellt vinterspridningens följder har berörts av Brink & Gustafson (1970), Brink & Joelsson o.c., Joelsson (1978), Brink, Gustafson & Persson (1979). Bedömningarna är emellertid enbart kvalitativa.

Kvantitativa mätningar har i utlandet bl.a. utförts av Converse, Bubenzer & Paulson (1976) och Uhlen (1979, 1981) men då på mycket små försöksytor.

Den lösta växtnäringen som tillförs vattendragen från stallgödelsen bidrar till eutrofieringen. Även partikelbunden fosfor kan medverka här till (Boström, Jansson & Forsberg 1982, Wendt & Corey 1980).

MÅL

Föreliggande undersökning syftar till att kvantifiera yttransporten av växtnäring efter spridning av fast stallgödsel i samband med snösmältningen.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfält

Försöksfältet är beläget i en sydostsluttning på Flinkesta 12 km söder

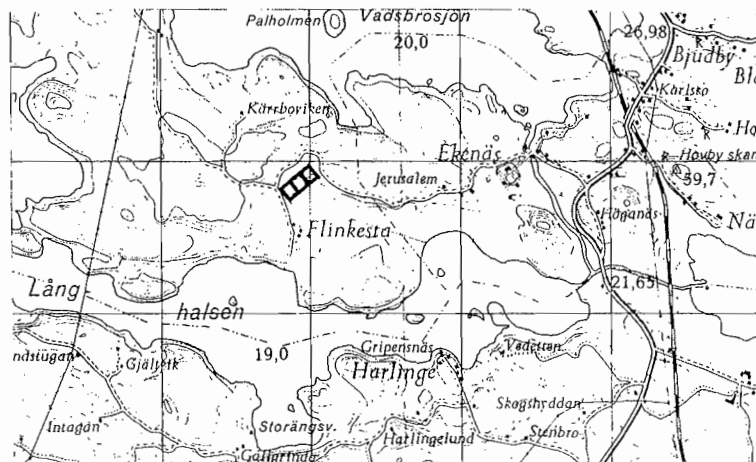


Fig. 1. Försöksfältet med omgivning. *The experimental field and its surroundings.*

om Flen (fig. 1). Jordarten är postglacial lera. Den högre liggande terrängen väster, norr och öster om fältet består av morän. Med ca 5-6 procents lutning anlades tre försöksrutor om vardera 50x50 m (fig. 2). De begränsas uppåt av ett avskärande dike och sinsemellan genom kantavskiljare i plast. Ytvatten från varje ruta uppsamlas i öppna diken klädda med halvrör av betong som leder vattnet till en mätstation.

Nederbörd och avrinning

Nederbörden registrerades kontinuerligt med pluviograf. Före snösmältningen snökarterades försöksrutorna.

Ytavrinningen mättes med tvåsidiga vippkärl i mätbrunnen (fig. 3). Vippningarna registrerades med elektrisk utrustning. Vid varje provtagning gjordes även en manuell mätning av det momentana flödet från varje ruta.

Tjäldjup

Tjäldjupet mättes fortlöpande på ett angränsande försöksfält. Mätningen utfördes enligt Gandahl (1957), dvs. med en ur jorden upptagbar "mätsticka". Denna består av ett plaströr som innesluter en inspänd gummi-slang. I utrymmet mellan slang och ytterrör finns destillerat vatten och en liten mängd metylenblått. Vid frysning avfärgas den del som ligger i tjälen. Reaktionen är reversibel.

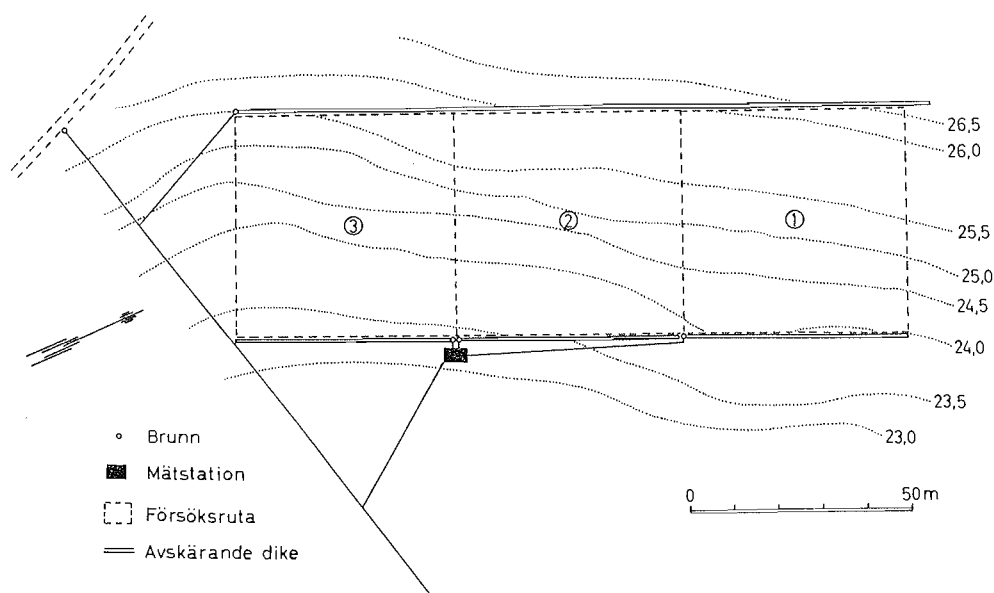


Fig. 2. Försöksfältet med försöksrutor, nivåkurvor och mätstation. *The experimental field with plots, contour lines and measuring station.*

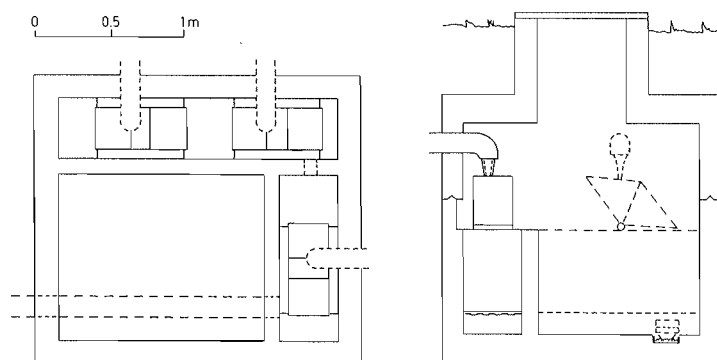


Fig. 3. Mätstation med vippkärl. *Measuring station with tilting vessels.*

Tabell 1. Gödselgiva, gröda och skörd (torrvikt) på försöksrutorna.
Dressing, crop type, and yield (dry weight) at the plots.

| Ruta | Sg. (t/ha) | | Sg. (kg/ha) | | | Hg. (kg/ha) | | | Gröda | Skörd (t/ha) |
|--------------|------------|-------|-------------|-----|-----|-------------|----|---|-------|--------------|
| | Våtv. | Torr. | N | P | K | N | P | K | | |
| <i>77/78</i> | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | - | - | - | - | 98 | 0 | 0 | Vete | 2,1 |
| 2 | 0 | - | - | - | - | 98 | 0 | 0 | Vete | 1,9 |
| 3 | 0 | - | - | - | - | 98 | 0 | 0 | Vete | 2,0 |
| <i>78/79</i> | | | | | | | | | | |
| 1 | 30 | 5,3 | 180 | 29 | 100 | 78 | 18 | 0 | Havre | 1,8 |
| 2 | 60 | 10,6 | 360 | 58 | 210 | 78 | 18 | 0 | Havre | 1,5 |
| 3 | 0 | - | - | - | - | 78 | 18 | 0 | Havre | 1,5 |
| <i>79/80</i> | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | Korn | 3,3 |
| 2 | 60 | 19,0 | 460 | 133 | 440 | 0 | 0 | 0 | Korn | 3,3 |
| 3 | 0 | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | Korn | 3,4 |
| <i>80/81</i> | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | - | - | - | - | 78 | 18 | 0 | Havre | 2,4 |
| 2 | 60 | 12,8 | 380 | 77 | 220 | 78 | 18 | 0 | Havre | 3,5 |
| 3 | 0 | - | - | - | - | 78 | 18 | 0 | Havre | 2,3 |
| <i>81/82</i> | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | - | - | - | - | 78 | 18 | 0 | Korn | 2,5 |
| 2 | 60 | 9,3 | 290 | 74 | 180 | 78 | 18 | 0 | Korn | 2,8 |

Sg., stallgödsel. Hg., handelsgödsel.

Provtagning och analys

Under våren 1978 skedde provtagning upp till elva gånger per dygn. Under snösmältningsperioderna åren därefter togs prov tre gånger per dygn, kl. 8, 13 och 18. Detta hade visat sig ge ett relativt bra mått på medelhalten under dygnet. Analys av pH och konduktivitet gjordes på platsen. Övriga analyser utförda vid eget laboratorium enligt Brink, Gustafson & Persson (1978) framgår av nedanstående sammanställning.

| År | NO ₃ -N | NO ₂ -N | NH ₄ -N | Tot-N | PO ₄ -P | Tot-P | K |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|---|
| 77/78 | x | | | | x | | |
| 78/79 | x | x | x | x | x | x | |
| 79/80 | x | x | x | x | x | x | x |
| 80/81 | x | x | x | x | x | x | x |
| 81/82 | x | | x | x | x | x | x |

Stallgödsel provtogs i samband med gödslingen. Analys av torrsubstanshalt, NH₄-N, tot-N, fosfor och kalium skedde vid Statens lantbrukskemiska laboratorium i Uppsala.

Beräkningar

Dygnsmedelvärden av halterna beräknades genom vägning mot de momentana flödena vid provtagningstillfällena. Näringsämnestransporten beräknades enligt formeln:

$$T = 10^{-2} \cdot A (q_1 \cdot c_1 + q_2 \cdot c_2 + \dots + q_n \cdot c_n) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n)$$

där T är transporten i kg/(ha·d), A är ytvattenavrinningen i mm/d, n är antalet observationer, c är koncentrationen i mg/l vid varje provtillfälle

Tabell 2. Vinternederbörd, ytavrinning och näringsämnestransport under snösmältningen. *Winter precipitation, surface runoff, and transport of nutrients during snow melt.*

| Ruta | Ned. (mm) | Ytavr. (mm) | Transport (kg/ha) | | | | | |
|-------------|--------------|------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|------|
| | | | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Tot-N | PO ₄ -P | Tot-P | K |
| <i>1978</i> | | | | | | | | |
| 1 | 180 | 205 | 3,8 | - | - | 0,152 | - | - |
| 2 | 180 | 136 | 2,8 | - | - | 0,112 | - | - |
| 3 | 180 | 388 ^a | 7,1 | - | - | 0,481 | - | - |
| <i>1979</i> | | | | | | | | |
| 1 | 115 | 7 | 0,3 | 0,01 | 0,4 | 0,003 | 0,02 | - |
| 2 | 115 | 25 | 1,4 | 0,26 | 2,7 | 0,100 | 0,24 | - |
| 3 | 115 | 102 ^a | 6,3 | 0,11 | 8,0 | 0,122 | 0,43 | - |
| <i>1980</i> | | | | | | | | |
| 1 | 51 | 42 | 0,9 | 0,09 | 1,3 | 0,014 | 0,13 | 1,1 |
| 2 | 51 | 32 | 1,0 | 2,93 | 5,6 | 0,135 | 1,24 | 11,3 |
| 3 | 51 | 58 ^a | 1,3 | 0,15 | 2,4 | 0,039 | 0,11 | 1,3 |
| <i>1981</i> | | | | | | | | |
| 1 | 100 | 61 | 1,2 | 0,06 | 1,7 | 0,034 | 0,13 | 1,3 |
| 2 | 100 | 72 | 1,6 | 5,78 | 12,9 | 2,206 | 2,65 | 30,9 |
| 3 | 100 | 129 ^a | 1,7 | 0,16 | 3,4 | 0,123 | 0,54 | 2,1 |
| <i>1982</i> | | | | | | | | |
| 1 | 100 | 11 | 0,2 | 0,01 | 0,3 | 0,005 | 0,02 | 0,3 |
| 2 | 100 | 8 | 0,2 | 0,16 | 0,6 | 0,022 | 0,08 | 0,3 |
| 3 | 100 | - | - | - | - | - | - | - |

^aGrundvattentillskott. *Groundwater contribution.*

och q är den vid provtillfället momentana vattenföringen i l/s.

Summeringen av dygnstransporterna gav den totala yttransporten för provtagningsperioden.

Gödsling, gröda och skörd

År 77/78 (1 juli-30 juni) spreds ingen stallgödsel på försöksrutorna. Åren därefter spreds fast nötgödsel enligt tabell 1. Spridningen skedde på tjälad mark vanligen innan våravrinningen började. År 78/79 skedde spridningen under en återfrysning mellan två avrinningsperioder. Sedan avrinningen upphört spreds handelsgödsel enligt tabellen. Härav framgår också grödan, vilken uteslutande varit stråsåd, liksom skörden.

RESULTAT

Nederbörd och avrinning

Den för ytavrinningen aktuella vinternederbörden varierade ganska mycket mellan åren (tabell 2). År 77/78 var nederbördsrikast med 180 mm och 79/80 nederbördsfattigast med 51 mm. Största delen av nederbörden fanns lagrad i snötäcket före avrinningsperioden. Endast en mindre del föll under densamma.

Perioden var ungefär en halv månad utom det första året då den var drygt en månad. Ofta förekom en mellanperiod med återfrysning. Den stora dygnsvariationen är karakteristisk för avrinningen, ofta med ingen eller ringa avrinning under natten och kraftiga toppar under eftermiddagen. Maximum inträffade oftast vid 16-tiden liksom fallet var vid ett intill-

liggande ytavrinningsförsök (Ulén 1983).

Olika vinternederbörd medförde olika totalavrinning. Tjälens påverkade också avrinningens storlek kraftigt (fig. 4). Det första undersökningsåret med hög nederbörd och kraftigt tjälad mark gav sålunda en stor ytavrinning, medan det sista året med relativt hög vinternederbörd men lite tjäle under avrinningsperioden gav en mycket liten ytavrinning. Det mesta vattnet tog då vägen genom markprofilen.

Avrinningen varierade även mellan försöksrutorna (tabell 2). Den tredje rutan hade klart högre flöde än de två övriga vilket berodde på upptryckande grundvatten. Denna ruta stördes mer eller mindre under hela undersökningen. Det sista försöksåret omöjliggjordes mätningar på denna ruta helt på grund av en våldsamt kraftig avrinning under ett enda dygn, vilket medförde översvämning av mätstationen.

Kväve

Halter. Under det första försöksåret förekom ingen stallgödsling. Nitrat-halterna var då måttliga i början av ytavrinningsförloppet och betydligt högre mot slutet (fig. 5). Nitrathalten visade sig under de efterföljande åren vara tämligen oberoende av stallgödslingen. Ingen större skillnad märktes heller mellan stallgödslade och icke stallgödslade försöksrutor.

Däremot var ammoniumhalterna högre på stallgödslade rutor jämfört med icke stallgödslade rutor. I början av avrinningsperioden kunde dessa vara extremt höga på den stallgödslade rutan för att därefter avta relativt snabbt.

Det organiska kvävet (totalkväve minus oorganiskt kväve) utgjorde oftast en stor del av totalkvävet på stallgödslad försöksruta medan andelen var liten på icke stallgödslad ruta (fig. 5). Nitrithalten utgjorde en mycket liten andel av kvävet.

Transporter. Det första försöksåret var nitratförlusterna från de två ogödslade rutorna 1 och 2 3-4 kg/ha (tabell 2). Den tredje rutan med grundvattenupptryck hade dubbelt så stor förlust. Året därefter med liten ytavrinning var den liten från de rutor som inte stördes av upptryckande vatten. Grundvattentillströmningen på den tredje rutan gav emellertid även detta år ganska kraftiga kvävetransporter. Grundvattenförhållandena hade detta år mycket större betydelse än stallgödslingen.

Förutom de uppmätta förlusterna med ytvattnet skedde antagligen åtskilliga sådana med det perkolerande vattnet eftersom tjälens var dåligt utbildad. Växtligheten visade nämligen tecken på näringsbrist på alla försöksrutor med lågt skördeutbyte som följd.

Våren 1980 var yttransporterna av nitrat och totalkväve relativt små på

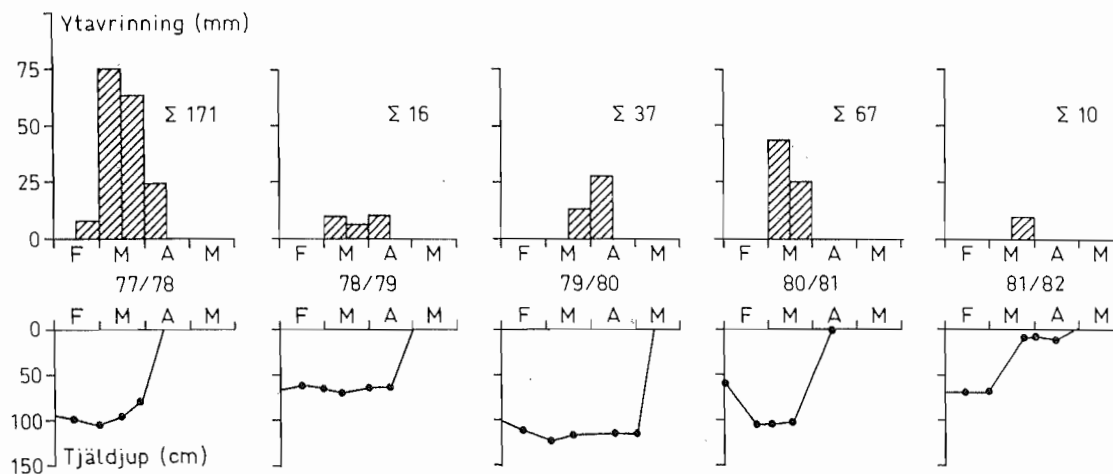


Fig. 4. Ytavrinning och tjäldjup. Medelvärde för ruta 1 och 2. Surface runoff and frost depth. Mean value for plot 1 and 2.

grund av den ringa vinternederbörden. Ammoniumtransporten från den göds-
lade rutan var dock större än vad som i medeltal uppmätts från åkrar i
mellersta Sverige (tabell 3).

Den efterföljande våren med kraftigare ytavrinning förlorades ännu mer
ammoniumkväve, 6 kg/ha, och dessutom 7 kg organiskt kväve per hektar från
den gödslade rutan.

Det sista undersökningsåret var tjälen svagt utbildad och transporterna
små med ytvattnet.

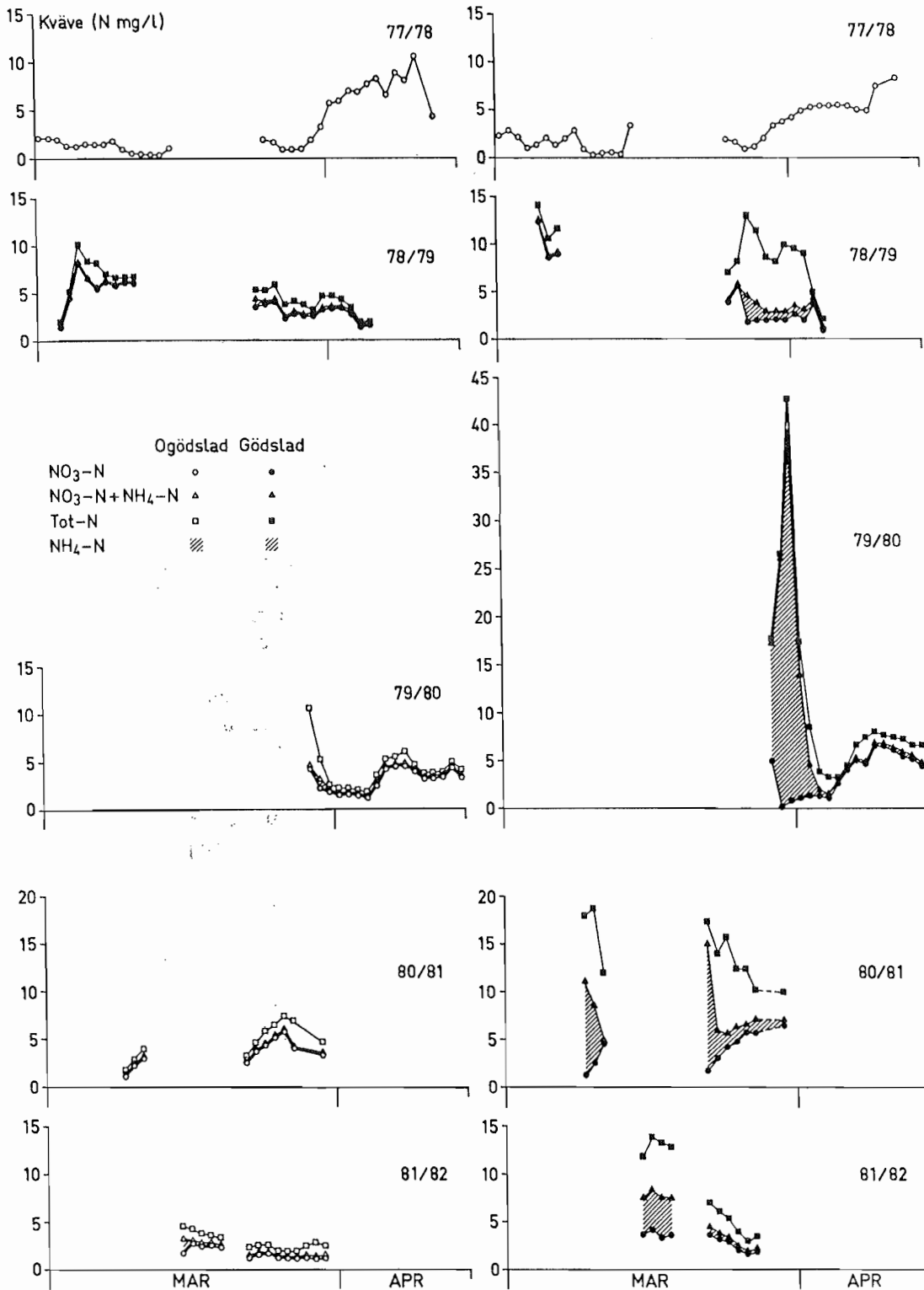


Fig. 5. Medelhalter av kväve (mg/l) i ytligt avrinnande vatten vägda mot
vattenföringen. Mean contents of nitrogen (mg/l) in surface runoff weighed
with the water flow.

Tabell 3. Växtnäringsförluster från stallgödsel via ytligt avrinnande vatten och förluster från skiftesförsök i mellersta Sverige via dräneringsvatten. *Nutrient losses from manure with surface runoff and losses from field experiments in central Sweden with drainage discharge.*

| Område | Avrinning (mm) | Växtnäringsförluster (kg/ha) | | | | | |
|---|-------------------|------------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|----|
| | | NO ₃ -N | NH ₄ -N | Tot-N | PO ₄ -P | Tot-P | K |
| <i>Ytvatten, surface runoff</i> | | | | | | | |
| Flinkesta ^a 77/78 | 171 | 2 | 8 | 18 | 2 | 7 | 30 |
| Flinkesta ^a 78/79 | 25 | 0,9 | 0,3 | 2 | 0,1 | 0,2 | 5 |
| Flinkesta 79/80 | 32 | 0,1 | 2,8 | 4,3 | 1,1 | 1,1 | 10 |
| Flinkesta 80/81 | 72 | 0,4 | 5,7 | 11,2 | 2,2 | 2,5 | 30 |
| Flinkesta 81/82 | 8 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0 |
| Medeltal 77/82 | 62 | 0,7 | 3 | 8 | 1 | 2 | 15 |
| <i>Dräneringsvatten, drainage discharge</i> | | | | | | | |
| Mellersta 75/81 | 162 | 11 | 0,1 | 12 | 0,12 | 0,27 | 5 |

^aSkattade värden. *Estimated values.*

Fosfor

Halter. Icke stallgödslade försöksrutor hade alla år tämligen låga och stabila halter av fosfat- och totalfosfor (fig. 6). Den grundvattenpåverkade rutan hade dock något högre fosforhalter än den andra 0-rutan. Stallgödslingen gav alla år en klar ökning av fosforhalterna och då i första hand fosfatfosfor.

Höga halter uppträdde direkt i början av avrinningsperioderna för att sedan ganska snabbt avta. Speciellt tydligt var detta våren 1980. En samtidig undersökning av växtnäringsförlusterna i Västergötland (Gustafson & Gustavsson 1981) visade också att ytvatten från stallgödslade åkrar hade mycket höga fosforhalter.

Transporter. Fosforförlusterna från de icke stallgödslade rutorna var små (tabell 2). De låg inom intervallet 0,02-0,54 kg/ha. De högsta värdena uppmättes från den grundvattenpåverkade rutan som med sin högre avrinning troligen hade större förluster av eroderad fosfor. Den gödslade försöksrutan (nr 2) hade fosforförluster på 0,08-2,65 kg/ha. Huvuddelen utgjordes av fosfatfosfor.

Kalium

Halter. De icke stallgödslade försöksrutorna hade hela tiden låga kaliumhalter. I likhet med kväve och fosfor var kaliumhalterna höga från den stallgödslade rutan (nr 2). Speciellt gällde detta våren 1980 då halten var mycket hög i början av avrinningsperioden (fig. 7). Orsaken kan vara det höga kaliuminnehållet i stallgödseln detta år (tabell 1). Allt lägre halter i stallgödseln de efterföljande vårarna medförde allt lägre halter i ytvattnet.

Transporter. Kaliumförlusterna från icke stallgödslade rutor var ungefär lika stora som totalkväveförlusterna (tabell 2). Från den stallgödslade rutan varierade kaliumförlusten mycket år från år. Som mest uppmättes drygt 30 kg/ha.

Konduktivitet och pH

Stallgödslad ruta hade genomgående högre konduktivitet än 0-ruta (fig. 8). I likhet med växtnäringsämnen var skillnaderna mest markanta under åren

79/80 och 80/81 och då speciellt i början av avrinningsperioderna.

Även pH visade olikheter mellan rutor utan eller med stallgödsel. De förra hade lågt pH i början av avrinningen varefter pH steg. Förmodligen var detta en effekt av att sur snö smälte bort. Stallgödslingen medförde att pH var högt i början av avrinningen samtidigt med ammoniumhalterna. Antagligen har ammoniumbikarbonat och andra ämnen i gödseln verkat buffrande på det sura smältvattnet. Under senare skeden av avrinningen då inverkan av stallgödseln inte var lika stark varierade pH mera oregelbundet.

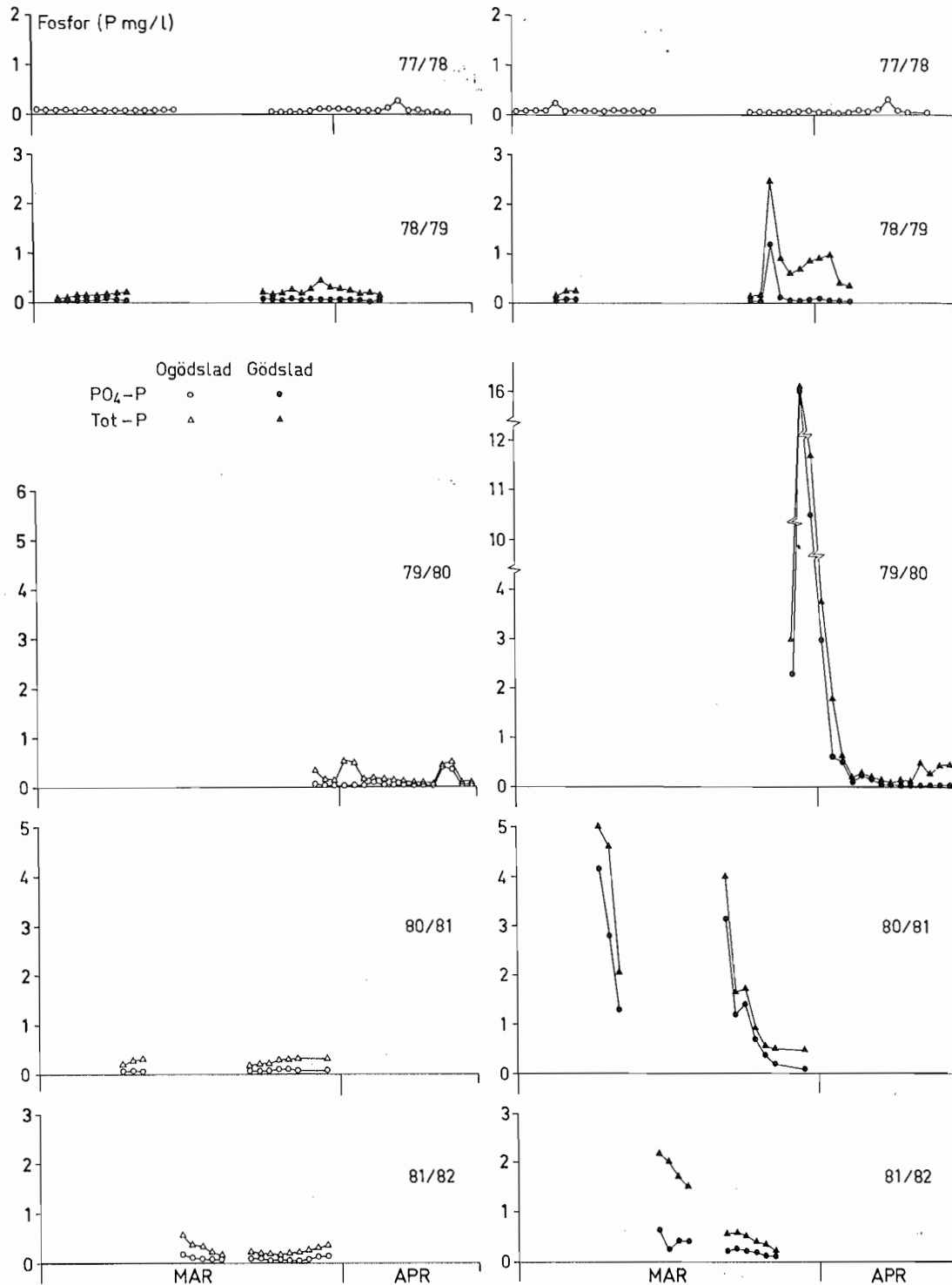


Fig. 6. Medelhalter av fosfor (mg/l) i ytligt avrinnande vatten vägda mot vattenföringen. Mean contents of phosphorus (mg/l) in surface runoff weighed with the water flow.

DISKUSSION

Växtnäringsförlusterna med det på markytan avrinnande vattnet var starkt beroende av ytavrinningen. Sålunda kunde förlusterna från stallgödslade rutor vara mindre under år med liten avrinning än från icke stallgödslade rutor under år med stor avrinning.

Men ytavrinningen beror i sin tur av snömängderna och tjälen. Kombinationen mycket snö och kraftig tjäle ger störst närsaltsförlust genom ytavrinningen, mycket snö och liten tjäle liten förlust den vägen. Detta bekräftar Uhlen (1979) resultat från små försöksrutor.

Också fältets lutning har betydelse för ytavrinningens storlek. Från ett närliggande nyanlagt försöksfält på Ekenäs med ungefär samma rutstorlek, snötjocklek och tjäle men med lutningen 10 % var ytavrinningen våren 1982 fem gånger så stor som från det aktuella fältet med lutningen 5-6 %. Lutningen skulle enligt Uhlen (1981) vara av mindre betydelse på kraftigt tjälad mark eftersom smältvattnet då inte kan infiltrera i jorden. Men eftersom avdunstningen kan vara olika på grund av tidsfaktorn skulle lut-

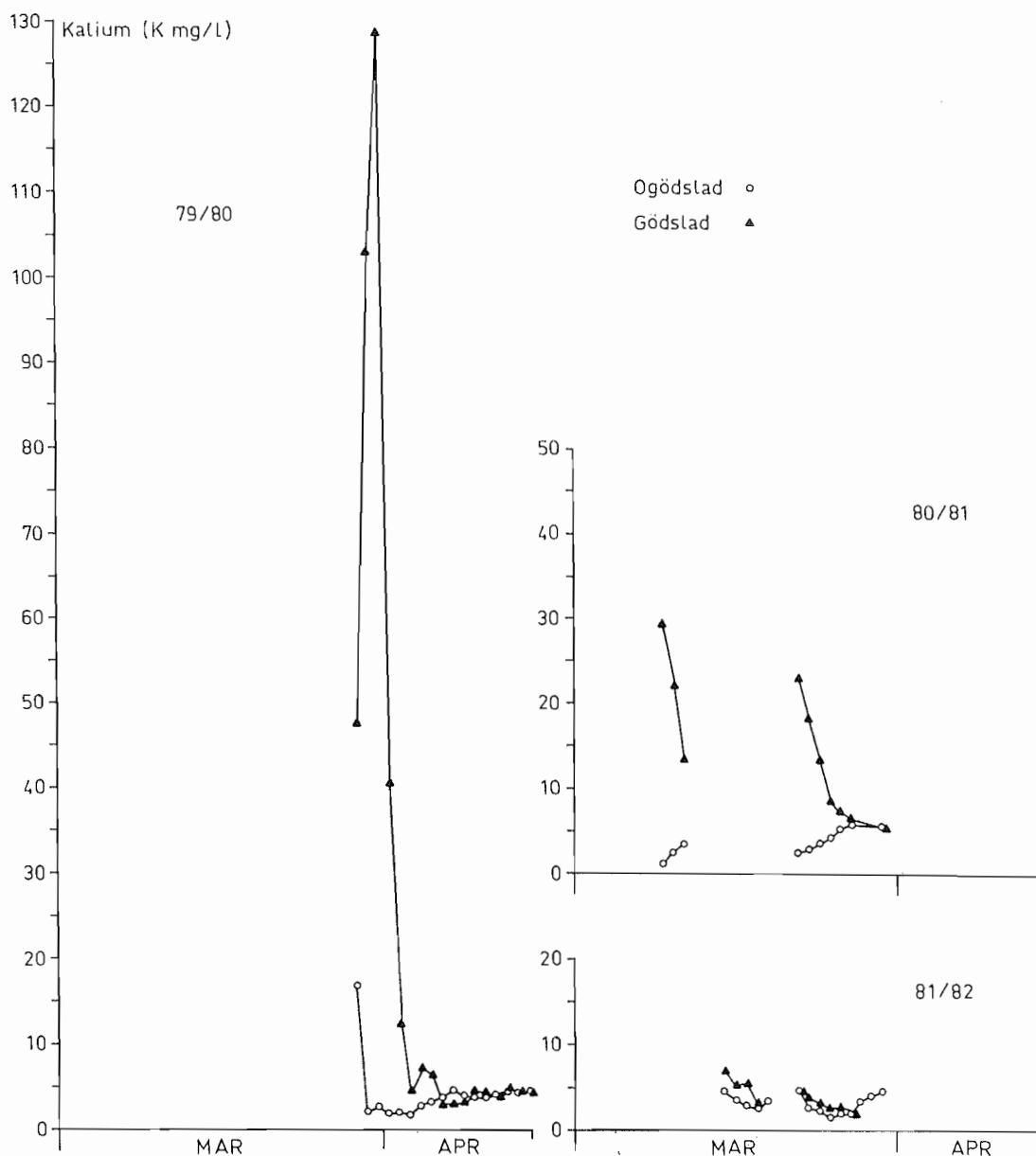


Fig. 7. Medelhalter av kalium (mg/l) i ytligt avrinnande vatten vägda mot vattenföringen. Mean contents of potassium (mg/l) in surface runoff weighed with the water flow.

ningen kunna vara betydelsefull även på tjälad mark.

Stallgödselns bidrag till växtnäringsförlusterna kan beräknas som skillnaden mellan stallgödslat och icke stallgödslat försöksled. Om vi utnyttjar rutorna 1 och 2 som hydrologiskt sett var jämbördiga får man de i tabell 3 angivna värdena för åren 79/80 och 81/82. Yttransporterna för 77/78 har uppskattats från ytavrinningen det året och medelhalterna från 79/80-81/82. På motsvarande sätt har beräknats yttransporten från icke stallgödslat led år 78/79.

Vid en jämförelse med utlakningsförluster från täckdikade skiften i mellersta Sverige (Brink 1982) ser man att fosfor i medeltal avviker mest. Detta är naturligt eftersom fosfors huvudsakliga förlustväg är på markytan och kvävet och kaliet är genom marken. Likväl kan tydligen be-

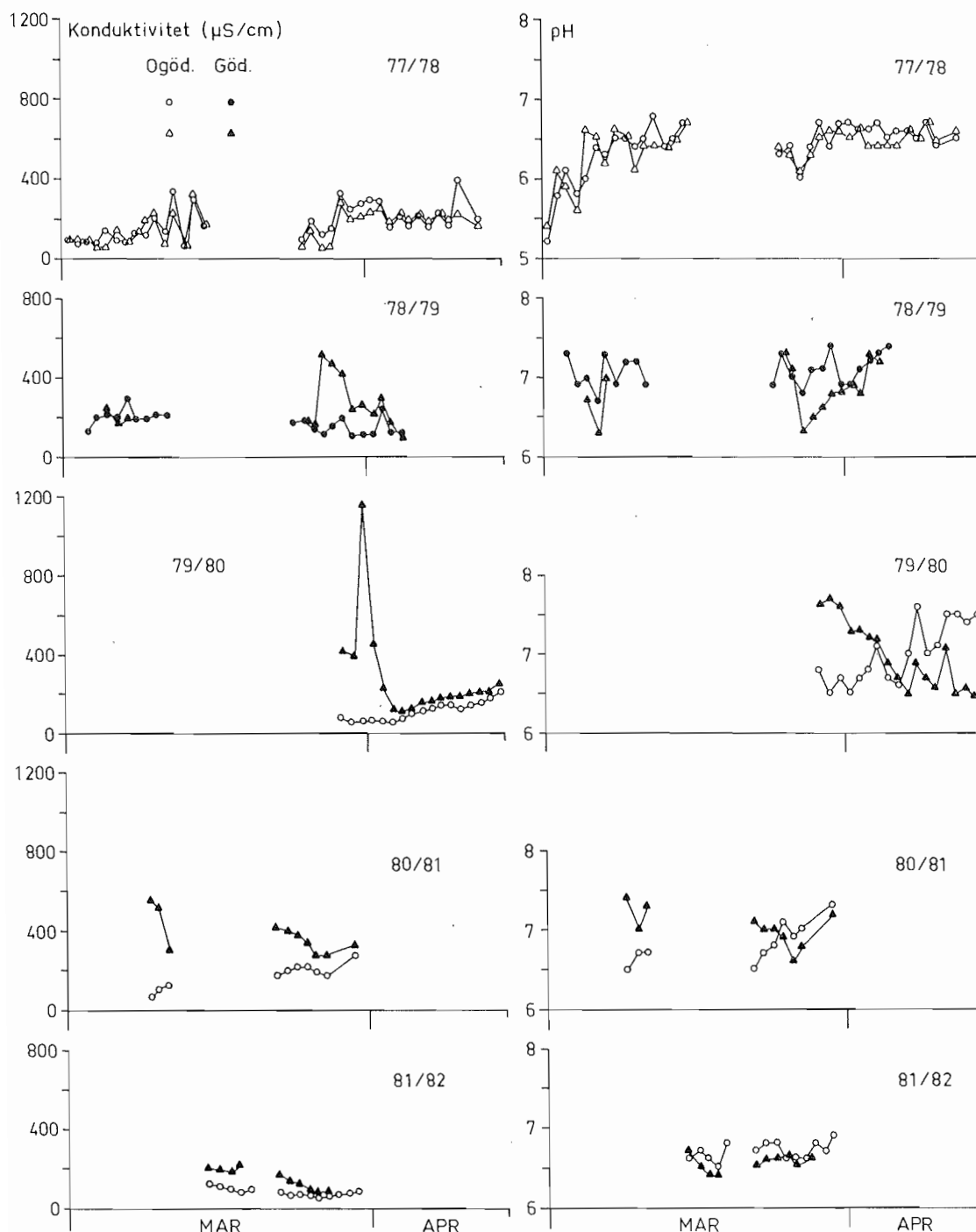


Fig. 8. Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$) och pH i ytligt avrinnande vatten. *Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$) and pH in surface runoff.*

tydande mängder av kväve och kalium rinna av på ytan.

Räknar man på tillförd mängd i gödseln blir förlusterna på ytan vid snösmältningen som mest 3 % av kvävet, 4 % av fosfor och 14 % av kaliet. Detta gäller året 80/81. Uhlen (1979) har uppmätt förluster på upp till 9 % av kvävet, 15 % av fosfor och 67 % av kaliet i vinterspridd stallgödsel.

I absoluta tal ligger våra värden under vad som anges av Converse *et al.* (1976) och Uhlen (1981). I den förstnämnda undersökningen var gödselgivan liten (23 ton/ha) vilket minskat förutsättningarna för växtnäringsförluster medan å andra sidan ytavrinningen var relativt stor. I Uhlens undersökning var gödselgivan 40-80 ton/ha och ytavrinningen ännu större. De högre förlustsiffrorna från de två citerade undersökningarna kan också förklaras med att dessa utförts på små rutor (40 resp. 75 m²). Från små ytor uppsamlas antagligen mer suspenderat material än från större där en del av materialet hinner sedimentera på försöksytan. En större försöksyta borde därför ge en bättre uppfattning om stallgödsel förluster från naturliga åkrar.

SAMMANFATTNING

Växtnäringsförluster via ytvatten uppmättes på försöksrutor på sluttande mark under fem år. En av försöksrutorna hade vinterspridd stallgödsel.

Halterna ammoniumkväve, organiskt bundet kväve, fosfatfosfor och de flesta år även kalium var betydligt högre i ytvatten från den stallgödslade rutan jämfört med den icke stallgödslade.

Växtnäringsförlusterna var beroende av ytavrinningens storlek som i sin tur var beroende av snömängd och tjäldjup och när tjälen släpper.

Stallgödseln beräknades i medeltal bidra med en årlig förlust av 8 kg N, 2 kg P och 15 kg K per hektar.

REFERENSER

- Boström, B., Jansson, M. & Forsberg, C. 1982. Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol.* 18, 5-59.
- Brink, N. 1982. Measurement of mass transport from arable land in Sweden. *Ekohydrologi nr 12*, 29-36.
- Brink, N. & Gustafson, A. 1970. Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse. *Vattenvård nr 1*.
- Brink, N. & Joelsson, A. 1978. Stallgödsel på villovägar. *Ekohydrologi nr 2*, 1-15.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi nr 4*, 7-57.
- Converse, J.C., Bubenzer, G.D. & Paulson, W.H. 1976. Nutrient losses in surface runoff from winter spread manure. *Transaction of the ASAE* 19, 517-519.
- Gandahl, R. 1957. Bestämning av tjälgräns i mark med en enkel typ av tjälgränsmätare. *Grundförbättring* 10, 7-19.
- Gustafson, A. & Gustavsson, A.S. 1982. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. *Ekohydrologi nr 10*, 3-26.
- Joelsson, A. 1978. Nitrat i brunnsvatten i jordbruksområden. *SNV PM 927*.
- Lingsten, L. & Brink, N. 1978. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. *Ekohydrologi nr 2*, 17-30.
- Uhlen, G. 1979. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. *Meld. Norges lantbr.høgsk.* 57. No. 27, 26 p. och No. 28, 23 p.
- Uhlen, G. 1981. Overflateavrinning av næringsstoffer og muligheter for

- å redusere slik stofftransport. *Stencil föredrag NJF seminar nr 19*,
Voksenåsen 1 dec. 1981.
- Ullén, B. 1983. Åkermarkens erosion. *Stencil*. Avd. för vattenvård, Sveriges
lantbruksuniversitet.
- Wendt, R.C. & Corey, R.B. 1980. Phosphorus variations in surface runoff
from agricultural land as a function of land use. *J. Environ. Qual.* 9,
130-136.

TCA-UTLAKNING PÅ LERJORD

Leaching of TCA on a clay soil

Rikard Jernlås

Abstract. The leaching of TCA from a clay soil was studied in an experimental field (Viad) situated south-east of Södertälje. The field is specially drained and divided into eight plots with separate drainage systems. At the end of April 1981 21 kg/ha TCA (active substance) were spread on all the plots. Runoff water was measured and analysed concerning its TCA content. Soil samples were collected on five occasions to a depth of 1 m and analysed for TCA. During May and June that same year an average 9.4 mm water ran off. Percolating water carried about 3 kg/ha to a depth of 0.5-1.0 m. At the same time 3 g/ha TCA ran out through the drainage system. After the next runoff-free period it was established at the end of August that 0.2 kg/ha remained. This residue was rediscovered in the topsoil.

INLEDNING

TCA (triklorättiksyra) används till bekämpning av enhjärtbladiga ogräs som t.ex. kvickrot och storven. Den har i Sverige under många år nyttjats för en jämförelsevis billig kvickrotsbekämpning. Dess rörlighet i jord har visat sig vara stor (Gaber 1974). Detta medför att vertikaltransport av TCA från markytan till större markdjup är trolig. Fältundersökningar i Sverige utförda på olika jordar (Steckö 1976) har givit belägg för nedtransport av TCA till 50-70 cm djup under markytan. Undersökningar av TCA-utlakning från en sandjord i Halland (Jernlås & Klingspor 1981, Torstensson 1981) vid vårspridning har visat på nedlakning till 90-100 cm djup och åtföljande uttransport med dräneringsvattnet. En uppföljande undersökning på lerjord har synts angelägen.

MÅL

Målet har varit att följa nedtransporten av TCA i markprofilen och att bestämma mängden TCA som uttransporteras med dräneringsvattnet.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfältet ligger på Viad sydöst om Södertälje. Det har under flera år nyttjats för studier av växtnäringsläckage. Det består av åtta försöksrutor om 0,33 ha vardera, alla med separata dräneringssystem. Fältet har utförligt beskrivits av Brink & Jernlås (1982).

TCA spreds 28 april 1981 med en lantbruksspruta av märket Gullviks. Dosen var ca 21 kg/ha (aktiv substans). Grödan som sedan såddes var vårraps av sorten Niklas.

Avrinningen från varje ruta har mätts upp med vippkärl (Brink 1968).

Vattenprov för TCA-analys togs en gång per vecka. Undantag utgjorde ruta 1 som provtogs intensivare. Proven togs i fabriksnya glasflaskor och djupfrystes inom en timme till -18°C .

Jordprofiler till en meters djup, uppdelade i decimeterskikt, togs vid fem tidpunkter från ruta 1. Jordproven togs med en "Ultuna-borr" (Lindén 1977). Åtta delprov samlades till ett generalprov för varje skikt. I översta decimeterskiktet togs tjugo delprov med en "Trekanten-borr" (Lindén 1977). Dessa delprov sammanfördes till ett generalprov. Jordproven lades i isolerade transportlådor redan på fältet och kylades med kylklampar. Inom 4-5 timmar djupfrystes proven till -18°C .

TCA-analysen utfördes med en gaskromatografisk metod enligt Lundgren (1981). Efter överföring av TCA till dess bensylester utfördes analysen på opolär kolonn med EC-detektor. Två gaskromatografer har använts vid

Tabell 1. Jordprofilens TCA-innehåll på ruta 1. (Värden i kg/ha.) *TCA-content of the soil profile in plot No. 1. (Values in kg/ha.)*

| Skikt (cm) | 13 apr | 4 maj | 15 maj | 29 maj | 27 aug |
|------------------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|
| 0-10 | 0 | 11,626 | 9,621 | 8,944 | 0,206 |
| 10-20 | 0 | 5,430 | 4,442 | 12,246 ^a | 0 |
| 20-30 | 0 | 1,535 | 0,294 | 4,007 ^a | 0 |
| 30-40 | 0 | 0,340 | 0,165 | 0,857 | 0 |
| 40-50 | 0 | 0,046 | 0,324 | 0 | 0 |
| 50-60 | 0 | 0 | 0,725 | 0,603 | 0 |
| 60-70 | 0 | 0 | 0,229 | 0,269 | 0 |
| 70-80 | 0 | 0 | 0,706 | 0,619 | 0 |
| 80-90 | 0 | 0 | 0,284 | 1,049 | 0 |
| 90-100 | 0 | 0 | 0,758 | 0,589 | 0 |
| Avr. ^b (mm) | 0 | 2,6 | 6,7 | 8,4 | 12,5 |

^aOrimliga värden. *Unreliable values.* ^bKumulerad avrinning från 28 apr. *Accumulated drainage runoff.*

analysen, nämligen modellerna HP 5880 och Varian 1400. Nedre analysgränsen har legat kring 30 ppb. Alla prov har analyserats två gånger. Om överensstämmelsen ej varit god har en tredje analys utförts.

Extraktionen av TCA från jordproven utfördes genom att skaka jordprovet i vatten under sex timmar.

Beräkning av jordprofilernas TCA-innehåll gjordes med antagandet att torra volymvikten (bulkdensiteten) var 1,25 kg/dm³ på 0-20 cm djup och 1,50 kg/dm³ på 20-100 cm djup (Andersson & Wiklert 1972).

RESULTAT

En jordprofil togs 13 april två veckor innan TCA-spridningen. Inga spår av TCA eller för analysen störande ämnen fanns vid denna tidpunkt. Under våren och sommaren provtogs marken på ruta 1 ytterligare fyra gånger, nämligen 4, 15 och 29 maj samt 27 augusti. Nederbörd och avrinning för sommarmånaderna är angivna här nedan:

| Månad | Apr | Maj | Jun | Jul | Aug |
|----------------|------|------|------|------|------|
| Nederbörd (mm) | 10,5 | 31,1 | 90,3 | 46,7 | 87,2 |
| Avrinning (mm) | 9,6 | 8,6 | 3,8 | 0,1 | 0,0 |

I fig. 1 och tabell 1 är resultatet av profiltagningarna redovisade. Det bör påpekas att TCA-innehållet på 10-30 cm djup 29 maj avvek så mycket från tidigare funna värden att tillit inte satts till resultatet som bedömts vara felaktigt. Det har istället ersatts med värden från 15

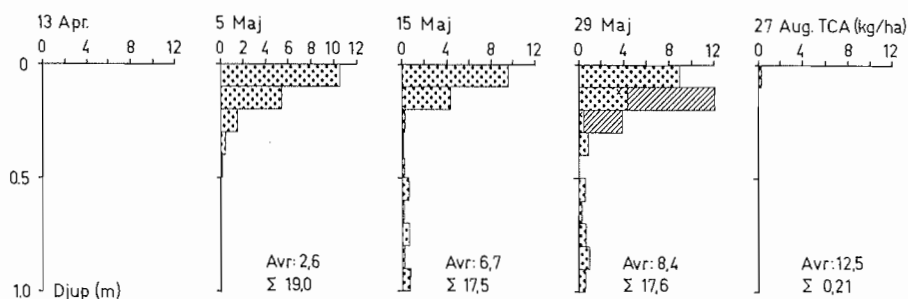


Fig. 1. TCA-innehållet i jordprofilen på ruta 1. *TCA-content of the soil profile in plot No. 1.*

Tabell 2. TCA-halter (ppm) i dräneringsvatten. *TCA-concentrations in drainage water. (Values in ppm.)*

| Datum | Ruta | | | | | | | |
|-----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|---|-------|-------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Apr 13 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | - |
| 24 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 ^a | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 | 0,031 | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | 0,030 | - | - | - | - | - | - | - |
| Maj 1 | 0,051 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 0,049 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 0,035 | 0,044 | 0,059 | 0,052 | - | 0,045 | 0,054 | - |
| 4 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 0 | 0,031 | 0,040 | 0,037 | - | - | 0,036 | - |
| 16 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | 0,033 | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0,049 | - | - | - | - |
| 24 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 0,060 | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Jun 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - | 0 | - | 0,050 | - |
| 6 | - | - | - | - | - | 0 | - | - |
| 9 | - | - | - | - | - | - | 0,060 | 0 |
| 30 | - | - | 0,042 | 0,034 | - | 0,032 | 0,055 | - |
| Jul-Okt 10 | Ingen avrinning. <i>No runoff.</i> | | | | | | | |
| Okt 11 | 0 | - | - | 0 | - | - | - | - |
| 27 | - | 0 | - | - | - | 0 | 0 | - |
| Nov 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Dec 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

^aSpridningstidpunkt. *Time of spreading.*

maj. Någon tillfredsställande förklaring finns inte till varför värdena så helt fallit ur ramen. Måhända har provtagningen på 10-30 cm djup vid detta tillfälle delvis förlagts till vändtegen varvid "dubbelsprutad" mark provtagits.

Dräneringsvattnet har analyserats på TCA från tiden innan spridning till och med december (tabell 2). Innan spridning fanns varken TCA eller för analysen störande substanser i dräneringsvattnet. Då TCA-halterna i det avrinnande vattnet genomgående varit låga och ofta under analysgrän-

Tabell 3. TCA-förluster med dräneringsvattnet. *Drainage losses of TCA.*

| Ruta | Avrinning (m ³ /ha) | TCA-konc. | | Uttransport | |
|------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | Min ^a (ppm) | Max ^b (ppm) | Min ^a (g/ha) | Max ^b (g/ha) |
| 1 | 124,46 | 0,0152 | 0,0341 | 1,892 | 4,244 |
| 2 | 102,67 | 0,0125 | 0,0325 | 1,283 | 3,337 |
| 3 | 51,85 | 0,047 | 0,0506 | 2,110 | 2,624 |
| 4 | 81,71 | 0,0287 | 0,0387 | 2,345 | 3,162 |
| 5 | Inget vatten | | | | |
| 6 | 59,73 | 0,0257 | 0,0357 | 1,535 | 2,132 |
| 7 | 144,85 | 0,0510 | 0,0510 | 7,387 | 7,387 |
| 8 | Inget vatten | | | | |

^aAlla värden under analysgränsen har antagits vara lika med 0 ppb. *All values below the analytical limit were assumed equal to 0 ppb.* ^bAlla värden under analysgränsen har antagits vara lika med analysgränsen 30 ppb. *All values below the analytical limit were assumed equal to the analytical limit of 30 ppb.*

sen 30 ppb, kan medelvärdet för uttransporten (tabell 3) bara anges med ett lägsta och ett högsta möjliga värde. Detta beror på de två extrema möjligheterna att ett prov utan påvisbar TCA i verkligheten kan innehålla såväl 0 som 30 ppb.

Under perioden från 29 april till 30 juni var avrinningen i genomsnitt 9,4 mm. Perkolerande vatten förde då med sig omkring 3 kg/ha TCA till 0,5-1,0 m djup. Samtidigt rann ca 3 g/ha TCA ut ur dräneringssystemen. Efter påföljande avrinningsfria period återfanns i slutet av augusti endast 0,2 kg/ha TCA i markprofilen. Denna lilla restmängd låg i matjorden.

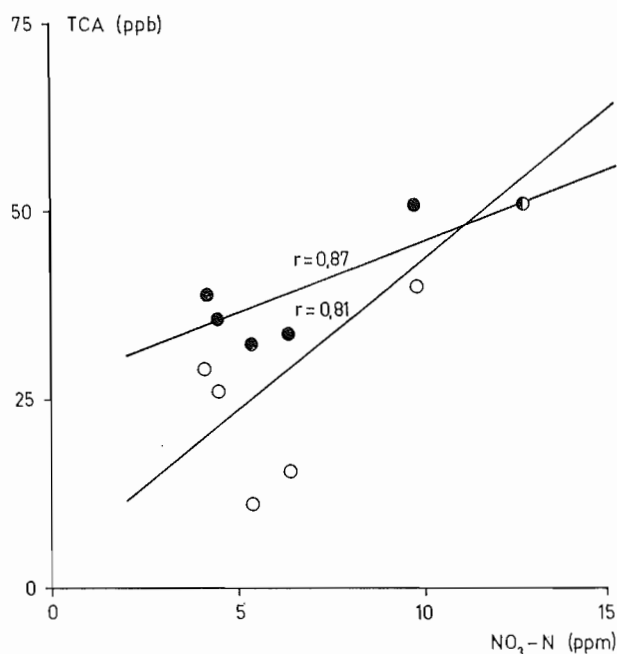


Fig. 2. Regression av TCA på nitrat i dräneringsvattnet på olika rutor. *Regression of TCA on nitrate in drainage water from different plots.*

● Högsta möjliga TCA-konc. *Highest possible TCA-content.* ○ Lägsta möjliga TCA-konc. *Lowest possible TCA-content.*

DISKUSSION

De i dräneringsvattnet funna låga TCA-halterna kan inledningsvis konstateras vara av samma storleksordning som de vilka uppmätts från en lerjord på Stjärntorp i Östergötland 1980 (Jernlås opubl.).

En jämförelse mellan markvätskans halt och dräneringsvattnets TCA-innehåll visar att den förra var 0,6-2,0 ppm och den senare $\leq 0,06$ ppm. En möjlig förklaring till den iakttagna stora skillnaden är att grundvatten trängt upp och spätt ut det TCA-haltiga dräneringsvattnet. Det är vidare tänkbart att järnhydroxider kring och i dräneringssystemen adsorberat tillströmmande TCA i sådan omfattning att halterna i dräneringsvattnet reducerats. Detta som en följd av dessa hydroxidernas höga anjonbyteskapacitet. Att helt reda ut denna fråga är inte enkelt utan kompletterande undersökningar.

Det kan vid en jämförelse mellan olika rutor (fig. 2) emellertid konstateras att TCA- och NO_3 -innehållet i dräneringsvattnet samvarierade. En möjlig förklaring kunde vara att uppträngande rent grundvatten spätt ut TCA och nitrat lika på varje ruta men i varierande grad på skilda rutor. Men grundvattnet var inte rent utan innehöll avsevärda mängder nitrat. Uppträngande grundvatten skulle därför endast sänkt TCA-halterna medan NO_3 -halterna förblivit i stort oförändrade. Denna förklaringsgrund är alltså inte möjlig.

Det är rimligare att tänka sig att återfunnen TCA såväl som nitrat härstammar från matjorden men att försöksfältet ej varit tillräckligt jämnt utan rutorna har varierat vad avser jordens spricksystem och aggregering. Härigenom kunde dräneringsledningarna nås olika lätt av nedträngande TCA och nitrat.

På 0,5-1,0 m djup återfanns 15 maj och 29 maj ca 3 kg/ha TCA. Detta utgör 14 % av spridd mängd. Avrinningen från spridningstidpunkten var samtidigt 7-8 mm. Sannolikt har spricksystemet varit transportvägen som möjliggjorde denna snabba och djupa nedtransport. Detta eftersom vattnets medeltransportdjup vid användning av hela det vattenfyllda porsystemet endast skulle svarat mot några få centimeter.

SAMMANFATTNING

Utlakningen av TCA från en lerjord har studerats på ett försöksfält (Viad) beläget sydöst om Södertälje. Fältet är specialdikat och uppdelat i åtta rutor med separata dräneringssystem. I slutet av april 1981 spreds 21 kg/ha TCA (aktiv substans) på alla rutorna. Avrinnande vatten mättes upp och analyserades på sitt TCA-innehåll. Jordprov togs vid fem tillfällen till 1 m djup och analyserades på TCA. Under maj och juni samma år avrann i genomsnitt 9,4 mm vatten. Perkolerande vatten förde med sig omkring 3 kg/ha till 0,5-1,0 m djup. Samtidigt rann 3 g/ha TCA ut genom dräneringssystemen. Efter den påföljande avrinningsfria perioden konstaterades i slutet på augusti att 0,2 kg/ha återstod. Denna restmängd återfanns i matjorden.

REFERENSER

- Andersson, S. & Wiklert, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIII. *Grundförbättring*, 25, 55-64.
- Brink, N. 1968. Self-purification in an open ditch. *Water Research*, 2, 481-503.
- Brink, N. & Jernlås, R. 1982. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. *Ekohydrologi* nr 12, 3-14.
- Jernlås, R. & Klingspor, P. 1981. TCA-utlakning från åker. *Ekohydrologi* nr 8, 15-22.

- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. *Rapp. Avd. Växtnäringslära, SLU, nr 96*, 1-29.
- Lundgren, L. 1981. A new method for determination of trichloroacetic acid (TCA). *22nd Swedish Weed Conf., Uppsala, 28-30 January, 1981*, 133-137.
- Steckö, V. 1976. Herbicidens persistens i jord efter olika jordbearbetning. *Lantbrukshögsk. Inst. Växtodling, Rapp. nr 52*, 1-40.
- Torstensson, L. 1981. A method to indicate leaching of TCA during field conditions. *22nd Swedish Weed Conference, Uppsala, 28-30 January 1981*, 129-132.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER VID ÖJEBYN

Losses of nutrients at Öjebyn

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

Abstract. Investigations of the influence of normal cropping upon the quality of drainage and ground water have been in progress for six years at a field site outside Öjebyn, near the town of Piteå in northern Sweden. The field site had an area of 8.6 ha and was systematically drained with a subsurface tile drainage system shortly before the start of the experimental period.

The observations of the groundwater pressure using piezometric pipes showed an increase in water pressure head with the depth of observation, prompting the conclusion that the experimental site was a discharge area for groundwater. Consequently there was no possibility for the field activities to affect the groundwater quality. The drainage water (including both surface and tile drainage runoff) was therefore exclusively responsible for the nutrient transport from the field.

A continuous measurement was made of the drainage runoff and a discrete water sampling for chemical analysis. The analysis included determination of pH, conductivity, permanganate value, nitrogen, phosphorus, and potassium. During the final year the analyses were expanded to cover the following major constituents: sodium, calcium, magnesium, chloride, and sulphur sulphate. The result of the analyses can be summarised as follows:

The pH range was wide, between 3.1 and 8.4 units. These low values were due to the fact that the soil is of a sulphatic type, causing oxidation of sulphides with accompanying creation of sulphuric acid.

Depending on the great variation in pH there was an inverse wide range in the conductivity.

A slight increase in the permanganate values occurred through the last three years with ley cropping. This was presumably caused by an increased transport of dead plant material during this period.

Depending on unfavourable conditions for nitrification, low pH and low temperature in the soil were accompanied by relatively high concentrations of ammonium in both the soil and the water.

The highest total nitrogen transport was 24 N kg/(ha·a). This happened in the third year when half of the field was fallow and the rest seeded with barley. The smallest transport, 4.5 kg/(ha·a), was obtained in the last year after three years of ley.

The concentrations of phosphorus were on the whole low with the exception of some high values during the ley period in combination with the spring floods. Such phosphorus peaks seem to be caused by a freezing of plant tissues followed by leaching.

The concentration and transport values of potassium were somewhat higher than the normal transport figures from arable land in Sweden. This can be explained in the main by the intensive weathering which occurs in a sulphatic soil of this type.

The concentrations of sulphate, calcium, and magnesium increased during the spring flood. The highest sulphate value was 279 SO₄-S mg/l.

INLEDNING

Det rikstäckande stationsnät som avdelningen för vattenvård driver för att utröna storleken av växtnäringsläckaget från åkermark vid ordinär jordbruksdrift har numera inlemmats i PMK (Program för övervakning av miljö kvalitet). Antalet stationer har härvid minskats från sexton till tolv. Vid de övriga har mätningarna upphört i brist på medel. Av den anledningen kommer resultaten från de senare att redovisas i en serie monografier. Det nordligaste försöket beläget vid Öjebyn blir först i raden.

MÅL

Målet med undersökningen har varit att fastställa orsaken och storleken av näringsläckaget till yt- och grundvatten.

FÖRSÖKSFÄLTET

Allmänt

En beskrivning av fältet har tidigare gjorts av Brink, Gustafson & Pers-

son (1978). Det är beläget vid Karlberg 3 km norr om Öjebyn.

"Fältet tillhör Sveriges lantbruksuniversitetets försöksgård i Öjebyn strax norr om Piteå.

Försöksfältet kantas i norr och väster av skog. Det sluttar därifrån ganska kraftigt mot dess lägre och planare delar i sydost. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

| Areal (ha) | Täckdikning | Mätstation | Grundvattenrör |
|------------|-------------|------------|----------------|
| 8,6 | 1975 | 1975 | 1975 |

Fältet hade under lång tid varit betesmark innan det täckdikades. Grenledningarna försågs med grusfilter. Två kalkkällor utdikades separat. Vattnet därifrån leds bort genom täta ledningar. Avskärande dräneringsledningar med särskilda utlopp lades längs åkerkanten mot den angränsande skogsmarken. Ytvattenbrunnar finns, likaså särskilda rör för mätning av grundvattentryck. (Fig. 1 och 2.)

Geologisk beskrivning

Försöksfältet ligger i en dalgång mellan moränklädda höjdryggar. Moränen är av sandig-moig typ. I dalgången är moränen överlagrad av sorterade sediment. Närmast över moränen finns varviga sediment med stort lerinslag. Dessa överlagras av ej varviga sediment som underst utgörs av lera och i de övre delarna av finmo, grovmo och sand. Sedimentens grovlek avtar i princip från grus och sand nära dalsidorna till grovmo och finmo ute i dalen.

Mäktigheten av de sorterade sedimenten på försöksfältet är troligen endast några meter.

Grundvattenförhållanden

Grundvatten som bildas på moränhöjderna kring dalen strömmar ut mot denna. Huvudströmningen torde ske i de varviga sedimentens bottenskikt men vatten från kringliggande höjder torde även kunna röra sig ut mot dalen och försöksfältet i sedimenten över leran. Det grundvatten som påträffas i moränen och de varviga sedimenten härstammar med största sannolikhet nästan helt från omgivande moränterräng."

MATERIAL OCH METODER

Fältutrustning

Nederbördsräknare, mätstation, grundvattenrör och provtagningsutrustning har beskrivits av Brink *et al.* (1978).

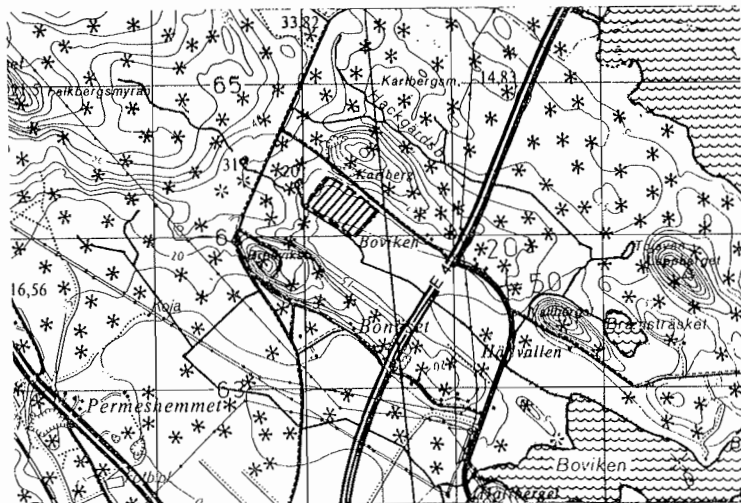


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

Provtagning

Vatten. Prov på avrinnande vatten från försöksfältet togs i inkommande ledning till mätstationen. Detta skedde minst en gång per månad med tätare provtagning under snösmältningen.

Prov på grundvatten togs en gång i månaden. Provtagningsrören läns pumpades i regel tre dagar före själva provtagningen. Dessförinnan hade trycknivåerna avlästs i tryckrören.

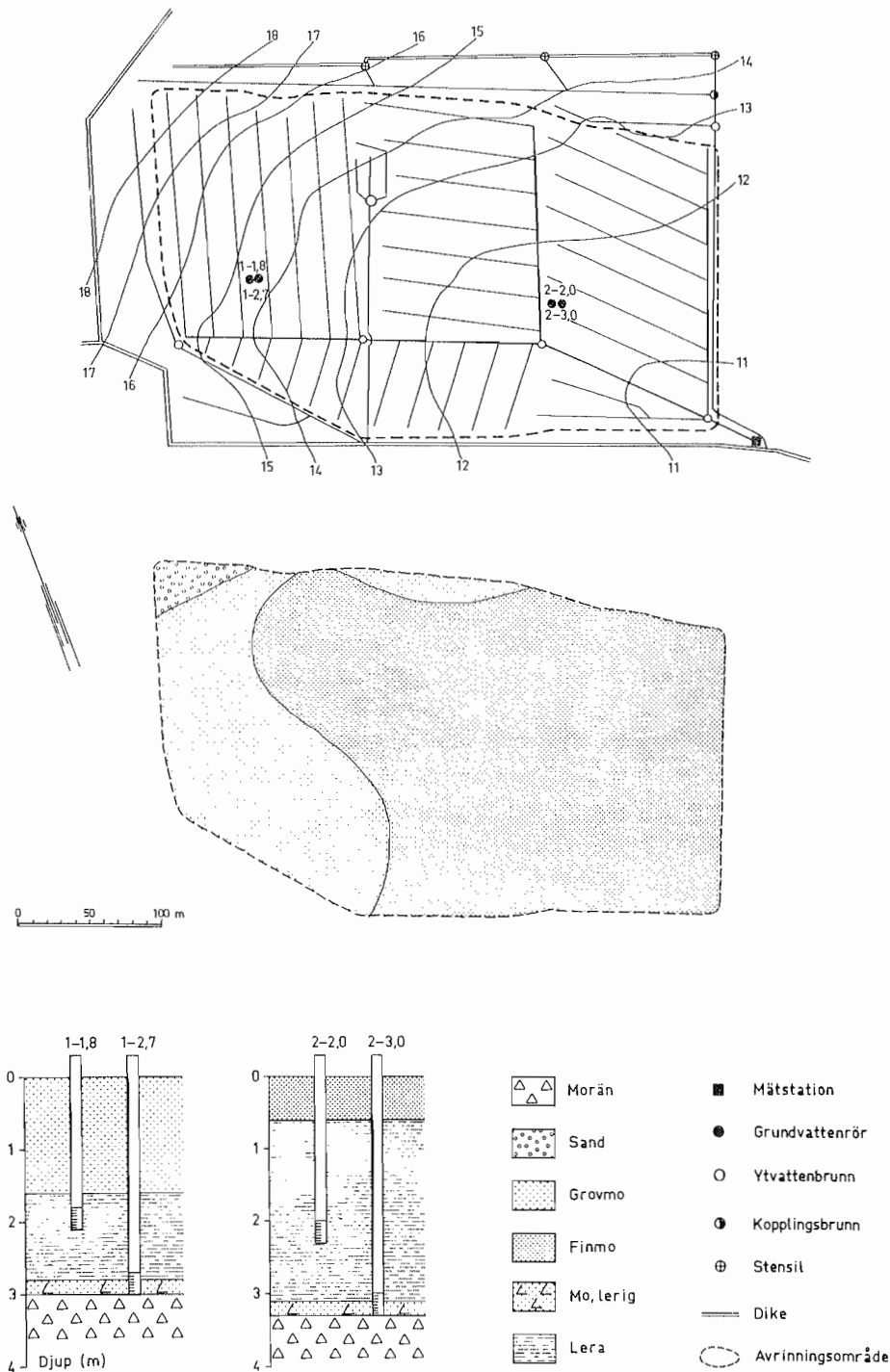


Fig. 2. Försöksfältet i Öjebyn. Täckdiketsplan, geologisk karta och markprofiler. The experimental field at Öjebyn. Pipe draining map, geological map, and soil profiles.

Soil types: till, sand, fine sand, very fine sand, sandy clay loam, clay. Signs: measuring station, groundwater pipe, well, coupling-device, filter, open ditch, watershed.

Tabell 1. Gröda, handelsgödsel, stallgödsel och skörd. *Crop fertilizers, solid manure, and yield.*

| År | Gröda | Handelsgödsel (kg/ha) | | | Stallgödsel Fast (t/ha) | Skörd t/ha |
|------|--------------|-----------------------|-------|-------|----------------------------|---------------|
| | | N | P | K | | |
| 1975 | Vall (bete) | 0 | 0 | 0 | 0 | - |
| 1976 | Havre | 64 | 28 | 52 | 10 ^a | 3,2 |
| | Träda | 0 | 0 | 0 | 10 ^a | - |
| 1977 | Träda | 0 | 0 | 0 | 15 ^a | - |
| | Havre | 31 | 21 | 39 | 15 ^a | 0 |
| 1978 | Korn, insådd | 16 | 25 | 46 | 0 | 3,0 |
| 1979 | Vall I | 48+32 | 21+14 | 39+26 | | 6,4 (ts) |
| 1980 | Vall II | 48+45 | 21+21 | 39+39 | | 7,7 (ts) |
| 1981 | Vall III | 20+47 | 18 | 31 | | 8,7 (ts) |

Crops: vall *ley*, havre *oats*, träda *fallow*, korn *barley*, insådd *re-seed*.

^aHöstspridning för nästa års gröda. Gödseln nedplöjd. *Solid manure applied during the autumn for the crop of next year. The manure ploughed down.*

Proven samlades i två olika flaskor, nämligen en för bestämning av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal och en för nitrit, ammonium, fosfat, kalium, pH och ledningstal. De förra proven konserverades med 1,25 M H₂SO₄ (4 ml/l) och de senare med kloroform (1 ml/l).

Från och med juli 1979 infördes en särskild glasflaska för fosforprov. Detta för att förhindra absorption av fosfor till provflaskans väggar. Ingen konservering gjordes av detta prov.

Under hösten 1980 utökades analysomfattningen med natrium, kalcium, magnesium, klorid och sulfatsvavel. I samband med detta slopades all konservering av proven.

Proven sändes per ilpost och nådde laboratoriet inom två dygn. De förvarades i mörker och kyla 2-4 °C. Analysen utfördes inom fjorton dagar.

Jord. Provtagning skedde höst och vår under två år med början hösten 1978. Provtagningsmetodiken har beskrivits av Lindén (1981).

Analysmetoder för vatten

Allmänt. Analysmetoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar (SIS 1976). I några fall har reagensmängder och koncentrationer anpassats till automatisk analys.

Analysen görs antingen i obehandlat eller centrifugerat prov. Centrifugeringen sker i 20 minuter vid en rotationshastighet av minst 3000 r/min.

Analysmetoderna för ammonium, nitrit, nitrat, totalkväve, fosfat, totalfosfor, kalium, konduktivitet, pH och permanganattal har redovisats av Brink *et al.* (1978).

Natrium. Provet centrifugeras. För att eliminera joniseringsstörningar tillsätts cesiumklorid. Halten bestäms med atomabsorbtionsspektrofotometri med luft-acetylenflamma vid våglängden 589,0 nm.

Kalcium. Provet centrifugeras. För att eliminera störningar av fosfater tillsätts lantanklorid. Halten bestäms med atomabsorbtionsspektrofotometri med en reducerande luft-acetylenflamma vid våglängden 422,7 nm.

Magnesium. Provet centrifugeras. För att eliminera störningar av fosfat tillsätts lantanklorid. Halten bestäms med atomabsorbtionsspektrofotometri med en oxiderande luft-acetylenflamma vid våglängden 285,2 nm.

Klorid. Bestämning görs med autoanalyser. Till provet sätts kvicksilver-tiocyanat som reagerar med kloriden och bildar kvicksilverklorid. Det fri-

gjorda tiocyanatet reagerar med järn (III) under bildning av ett färgat komplex. Absorbansen mäts vid våglängden 480 nm. Autoanalyser används.

Sulfatsvavel. Bestämning görs med autoanalyser. Ba (II)-joner (i form av bariumperkloratlösning) reagerar med färgindikatorn thorin (2(2-hydroxy-3,6 disulfo-1-naftylazo)bensen-arseniksyra) under bildning av ett färgat komplex. Absorbansen mäts vid våglängden 520 nm. Vid närvaro av sulfat bildas $BaSO_4$ och intensiteten på thorinkomplex-färger minskar, vilket registreras. För att eliminera interferens från katjoner får provet passera genom en vätejonladdad katjonbytare (DOWEX 50).

Jordanalys

Analysmetod för kväve i jord har beskrivits av Lindén (1981).

Beräkningsmetoder

Till och med det agrohydrologiska året 77/78 har materialtransporten beräknats i enlighet med vad som beskrivits av Brink *et al.* 1978. Då allt material numera är lagt på skivminne har en annan metod valts för transportberäkningen. Den går så till att ett koncentrationsvärde för alla dagar med avrinning interpoleras fram. De sålunda erhållna värdena multipliceras med motsvarande dygnsavrinning för erhållande av dygnstransport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter.

Odlingsåtgärder

Försöket inleddes med vall 1975. Därefter följde tre år med öppen odling. För att komma till rätta med kvickrotsproblemen lades halva fältet i träda åt gången under två år. De sista tre åren var det åter vall. Detaljerna i odlingsåtgärderna framgår av tabell 1.

RESULTAT

Nederbörd och avrinning

Årsnederbörden varierade mellan 387 mm och 529 mm uppmätt 75/76 resp.

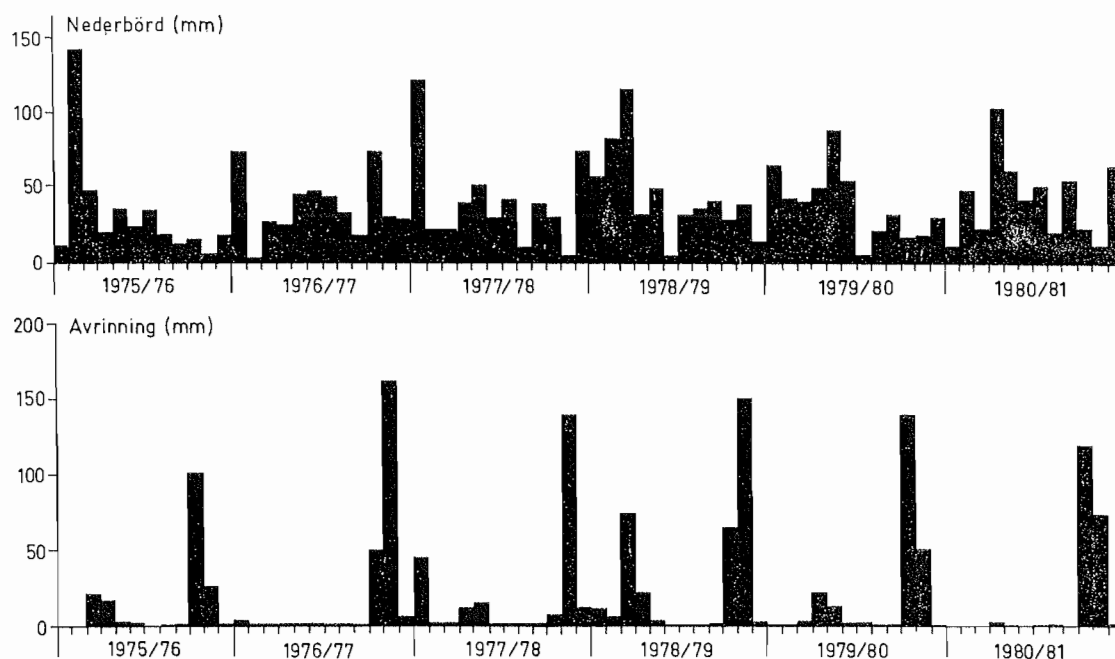


Fig. 3. Nederbörd och avrinning vid försöksfältet. *Precipitation and runoff at the experimental field.*

78/79. Sommaren (JUN-SEP) var regnrikast 1978 med 328 mm och torrast 1980 med 112 mm. Nederbörden för varje månad redovisas i fig. 3.

Merparten av avrinningen skedde alla år under vårfloden med en mycket markerad topp under APR-MAJ (fig. 3). Den blöta sommaren 1978 upphörde aldrig avrinningen under sommarhalvåret. Hösten 1976 förekom ingen höstavrinning och hösten 1980 var den mycket liten.

Som medeltal av de sex åren uppgick årsnederbörden till 471 mm och årsavrinningen till 234 mm.

Grundvattentryck

På lokal 1 var tryckskillnaderna mellan det djupa och grunda röret små. Vid hälften av observationstillfällena rådde upptryck. Vattentrycket låg vid ett tiotal tillfällen över markytan. Det kraftiga vattentrycket och den relativt genomsläppliga grunden fick som konsekvens att vatten stundtals svämmade över markytan strax nedanför grundvattenlokalen (fig. 4).

På lokal 2 var tryckskillnaderna mellan det djupa och grunda röret större än på lokal 1. Vid den alldeles övervägande delen av observationstillfällena rådde upptryck. Tryckhöjderna nådde ej över markytan. De varierade relativt kraftigt under året. Årsminimum låg på omkring två meters djup. Under denna nivå bör därför grundvattnet vara relativt opåverkat av odlingsåtgärder och processer i markprofilens övre delar.

Det lägsta grundvattentrycket uppmättes sista året. Infiltrerande vatten kunde då tränga djupare ner än vanligt i profilen.

pH

Dräneringsvatten. pH-variationerna var mycket stora i dräneringsvattnet (fig. 5). Det varierade omvänt mot vattenföringen. I samband med flödestoppar då mycket vatten perkolerade genom profilen blev pH-sänkningen kraftig, sista året ända ned mot tre pH-enheter. Förklaringen till de mycket låga pH-värdena kan sökas i de oxidativa betingelser som uppstår i markprofilen efter täckdikningen. Syresättningen medför en kraftig oxidation av sulfider, vilka är vanligt förekommande i jordar i dessa trakter. Sulfidoxidationen leder till svavelsyrabildning och pH-sänkningen i sjunkvattenströmmen blir då kraftig.

Grundvatten. Genom upptrycket råder reducerande betingelser i profilens djupare delar. Detta leder till att pH-värdena i grundvattnet är stabilare. En viss oro i pH-värdena kunde dock förmärkas de första åren då grundvat-

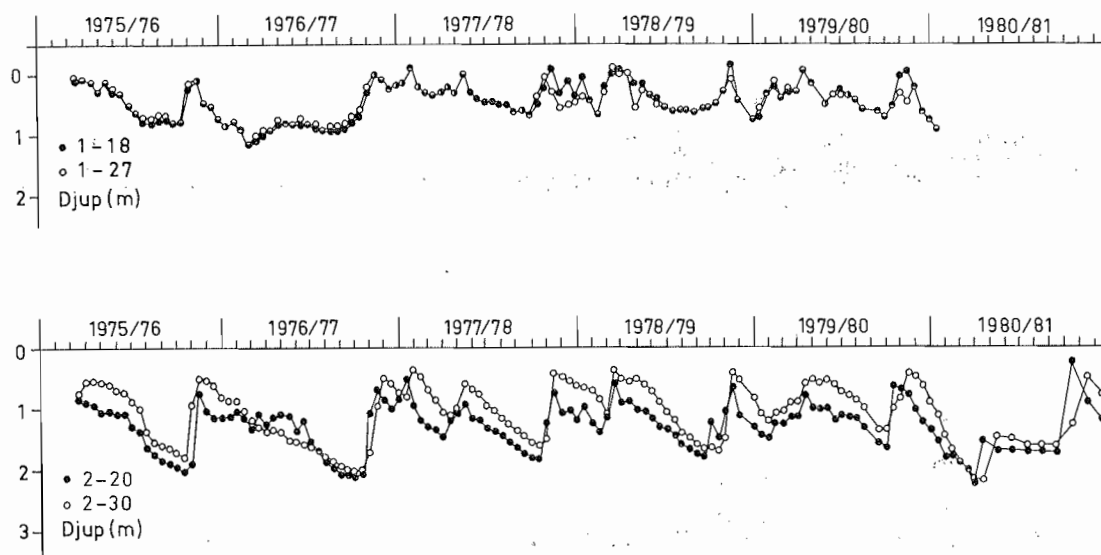


Fig. 4. Grundvattentrycket på försöksfältet. *The groundwater pressure at the experimental field.*

tentrycket i medeltal var något lägre beroende på nederbördsunderskottet.

De relativt höga pH-värdena i grundvattnet återspeglades i dräneringsvattnet under lågvattenföring då upptryckande grundvattnen utgjorde ett dominerande inslag i det avrinnande vattnet.

Ledningstal

Dräneringsvattnet. Den kraftiga pH-variationen i dräneringsvattnet återspeglades i omvända kraftiga variationer hos ledningstalet (fig. 6).

Grundvattnet. Även grundvattnet på två meters djup vid lokal 2 hade förhöjt ledningstal på grund av de sura förhållandena i de grunda markskikten.

Permanganattal

Permanganattalet är ett mått på mängden organiskt material i vattnet men också en del syreförbrukande oorganiska ämnen medbestämmer. Högre värden uppmättes i samband med vårflödena. Särskilt i samband med vallodlingen de tre sista åren blev topparna mer uthålliga. Sannolikt berodde detta på att en större mängd död växtmassa då följde med ytavrinningen än som var fallet i samband med den öppna odlingen (fig. 7).

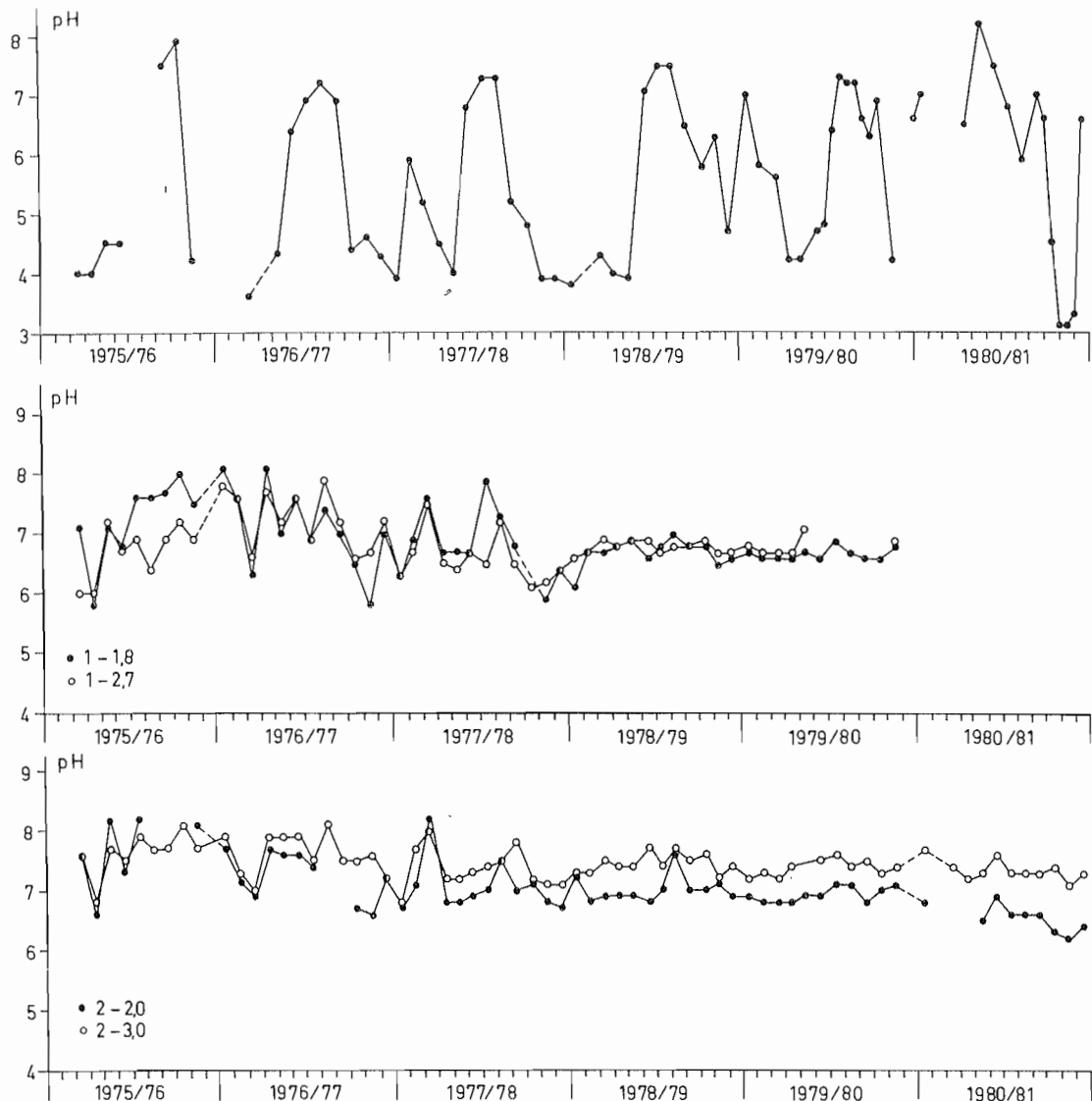


Fig. 5. pH i dräneringsvattnet och grundvattnet. *pH in drainage water and groundwater.*

Kväve

Kväve i marken. Vid fyra tillfällen bestämdes det mineraliska kvävet i marken. Första bestämningen gjordes hösten 1978. Grödan var korn med insädd. Profilen innehöll då hela 120 N kg/ha och kvävemängden ökade ytterligare till våren 1979 då mängden uppgick till 140 N kg/ha (fig. 8). Orsaken till ökningen kan sökas i höst- och vintermineraliseringen. Nästa år då grödan var förstaårsvall minskade kvävemängderna.

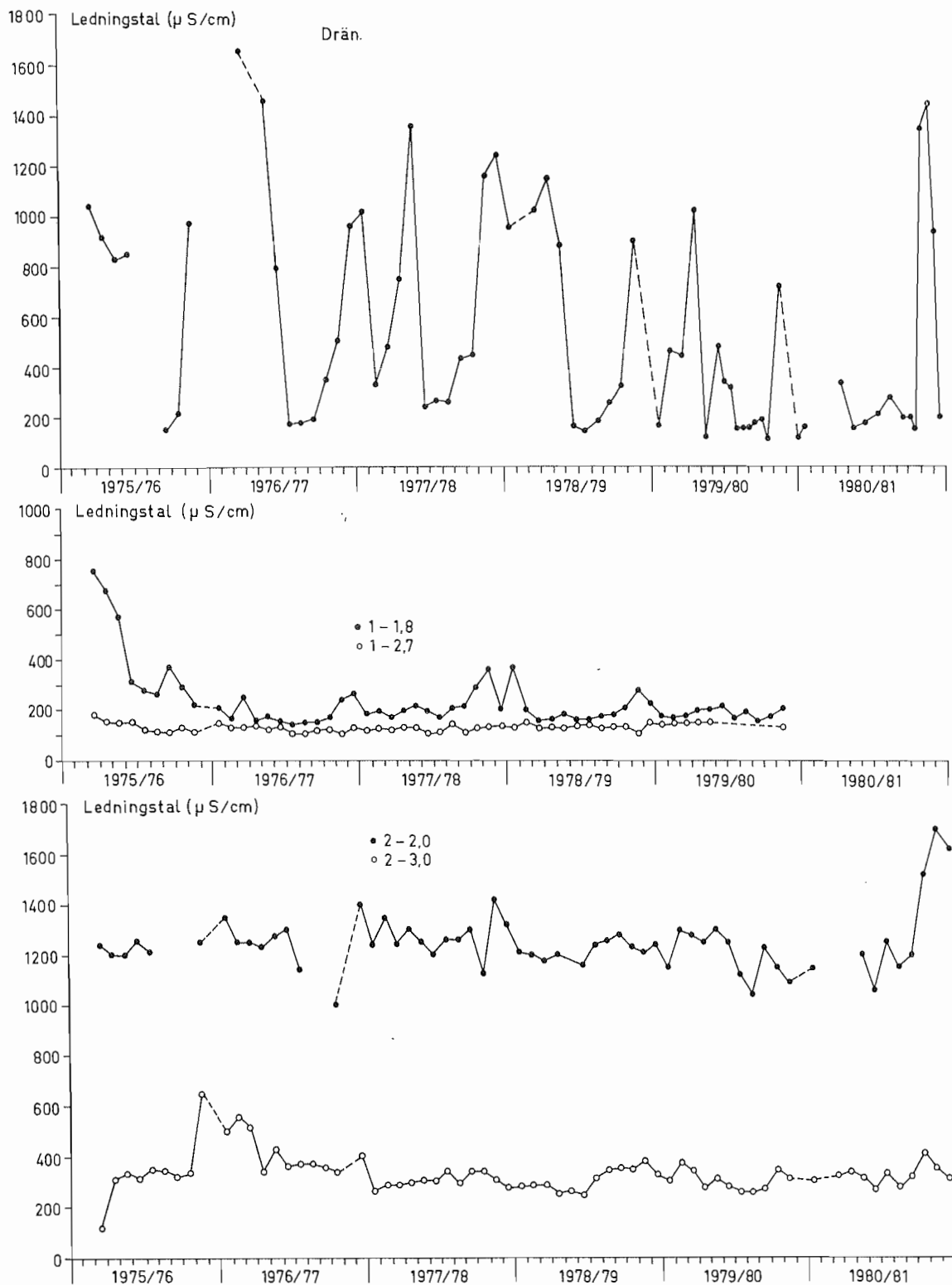


Fig. 6. Ledningstal i dräneringsvatten och grundvatten. *Conductivity in drainage water and groundwater.*

Den dominerande kväveformen var ammonium. Särskilt i profilens övre och undre del var ammoniummängderna stora. Att ammoniummängderna var stora i matjorden är naturligt genom att man här har en nedbrytning av växtmaterial. Att denna nedbrytning inte gick hela vägen till nitrat i större utsträckning är sannolikt en följd av jordens låga pH och medeltemperatur.

Mera svårförklarlig synes anhopningen av ammonium i nedre skiktet vara. Mellanskiktet kunde tydligen relativt lätt passeras av ammoniumjonerna. Detta kan bero på att sulfidoxidationen är särskilt kraftig i detta skikt, vilket leder till en mycket riklig förekomst av vätejoner. Dessa konkurrerar framgångsrikt med ammoniumjonerna som därför vandrar vidare och bindes till markpartiklarna på större djup.

Kväve i dräneringsvatten. Halten av ammonium i dräneringsvattnet var hög i jämförelse med vad som eljest är vanligt i dräneringsvatten (fig. 9). Halterna var särskilt höga i samband med vallodlingen. Nitrifikationsförhållandena var tydligen sämre då än i samband med den öppna växtodlingen med trädesbruk och därmed förknippad jordbearbetning. Följaktligen förekom nitrathalter av betydelse endast under andra, tredje och fjärde året. I övrigt var halterna anmärkningsvärt låga.

Det övriga kvävet närmade sig vissa perioder samma storleksordning som ammoniumkvävet.

Transport av kväve. Transportens inomårsvariation var en återspeglning av avrinningens tidsvariation (fig. 9). Genom att nitrathalter av betydelse endast förekom under andra, tredje och fjärde året blev också kvävetransporterna mer framträdande dessa år. Det största transportvärdet, 24,2 N kg/(ha·a), erhöles det tredje året (tabell 2).

Kväve i grundvatten. Genom de rådande tryckförhållandena på fältet blev påverkan av kväve på grundvattnet ringa. Endast på lokal 2 där grundvattnetrycket stundtals låg på två meters djup blev påverkan uttalad i det grunda röret. Det var här fråga om en förhöjd ammoniumhalt (fig. 10).

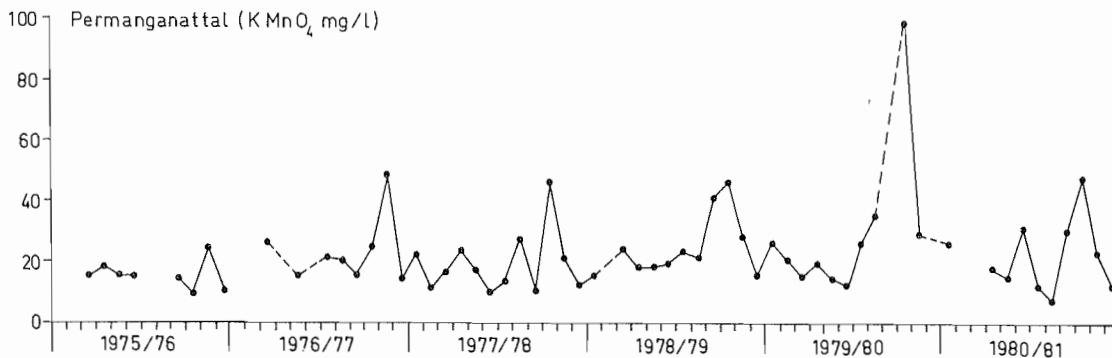


Fig. 7. Permanganatantal i dräneringsvattnet. *Permanganate value in the drainage water.*

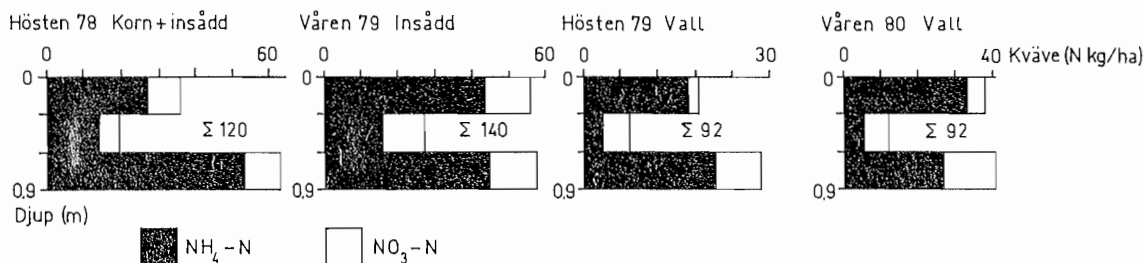


Fig. 8. Mineraliskt kväve i marken. *Mineral nitrogen in the soil.*

Tabell 2. Transport av kväve. *Transport of nitrogen.*

| År | N (kg/(ha·a)) | | | | Tot. N |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--------|
| | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | Övr. N | |
| 75/76 | 4,5 | 0,00 | 1,7 | 0,1 | 6,3 |
| 76/77 | 1,8 | 0,09 | 4,9 | 1,7 | 8,4 |
| 77/78 | 4,2 | 0,00 | 18,6 | 1,4 | 24,2 |
| 78/79 | 4,3 | 0,01 | 7,1 | 2,5 | 13,9 |
| 79/80 | 3,0 | 0,02 | 2,0 | 3,1 | 8,1 |
| 80/81 | 2,8 | 0,02 | 0,9 | 0,8 | 4,5 |

Fosfor

Fosforhalterna i dräneringsvattnet var låga med undantag av vissa höga värden i samband med flödestoppar. Särskilt höga värden förekom i samband med vårflödena under de tre sista åren då grödan var vall (fig. 11). Sådana fosfortoppar orsakas uppenbarligen av en ren utfrysning och lakning av fosfor ur grässets cellmassa. Fosfor borttransporterades sedan med smältvattnet under vårfloden.

De något förhöjda halterna andra och tredje året hade sannolikt sin orsak i kombinationen trädesbruk och stallgödsel vilket ökade mängden erosionsfosfor.

De transporterade mängderna blev följande i P kg/(ha·a):

| År | 75/76 | 76/77 | 77/78 | 78/79 | 79/80 | 80/81 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PO ₄ -P | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,35 | 0,80 |
| Tot-P | 0,09 | 0,22 | 0,10 | 0,13 | 1,43 | 0,94 |

De höga transportvärdena sista åren är något osäkra då den tillämpade provtagningsfrekvensen inte förmått infånga detaljerna i fosfortoppen. Likväl antyder de att fosforläckaget kan vara stort i samband med vallodling.

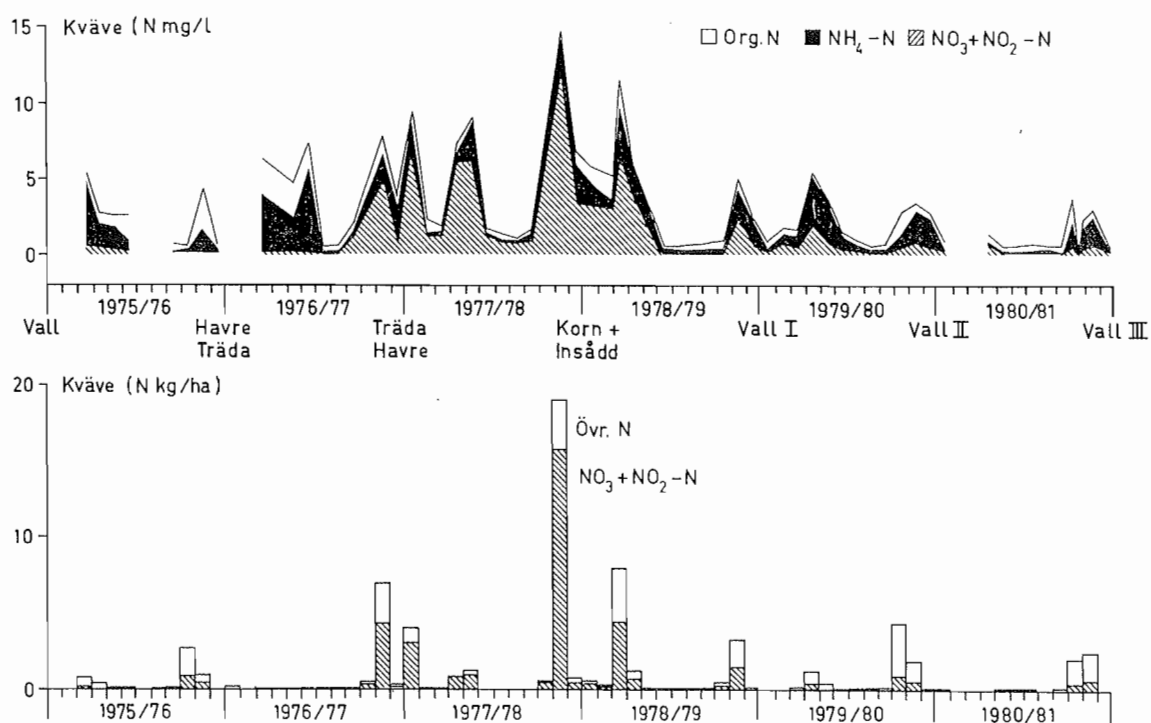


Fig. 9. Kväve i dräneringsvattnet. *Nitrogen in the drainage water.*

Kalium

Kalium är hårt bundet genom adsorbtion och fixering i lerhaltiga jordar. Betydande utlakningsförluster förekommer i de flesta fall därför främst på intensivt gödslade sandjordar. Likväl var dock halterna och därmed transportvärdena relativt höga här (tabell 3). Orsaken kan sökas i den intensiva vittringen hos en sulfatjord av denna typ. Sannolikt skulle kaliumförlusterna ha kunnat vara ännu större om mon och finmon i profilens övre del varit kaliumrikare. På detta tyder i vart fall de höga kaliumhalterna i grundvattnet på två meters djup på lokal 2. Detta rör omges på denna nivå av lera som normalt är kaliumrikare än mo och finmo. I de övriga grundvattenrören där inflytandet från ytan är försumbart var kaliumhalterna lägre.

Större konstituent

Halter i dränerings- och grundvatten. Under åtta månader sista försöksåret undersöktes halterna av större konstituent. Resultaten finns redovisade i figur 12. Intressant är här att se hur marken uppträdde som ett buffrande system mot den i marken nedträngande svavelsyran. I den översta

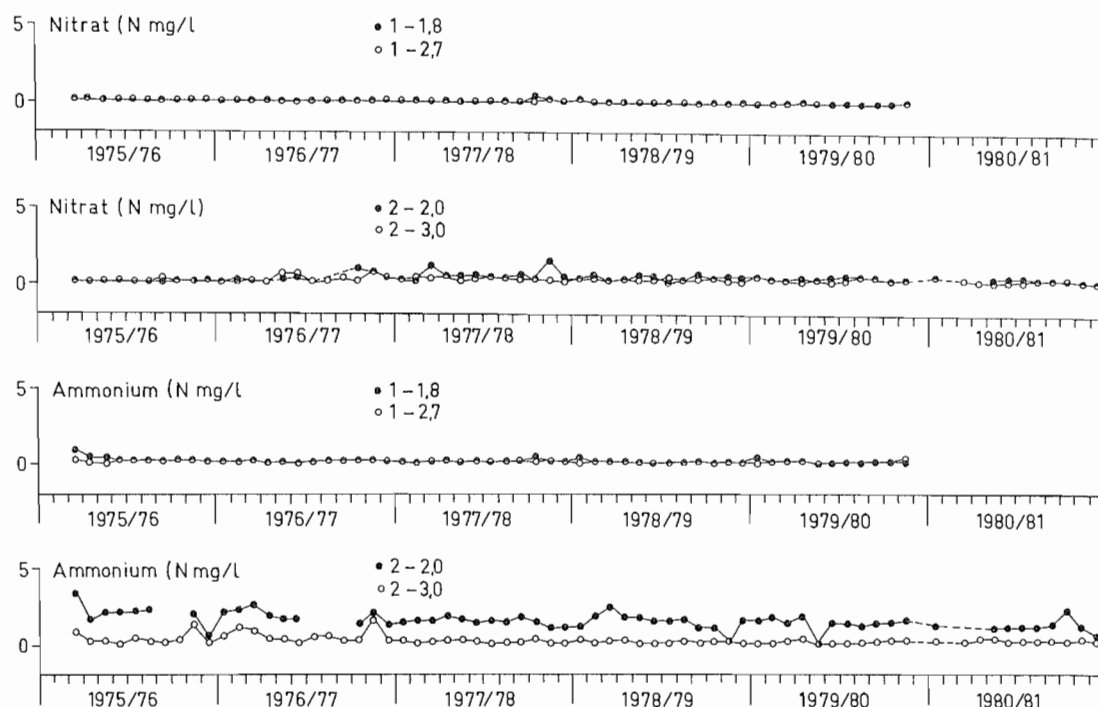


Fig. 10. Kväve i grundvatten. *Nitrogen in groundwater.*

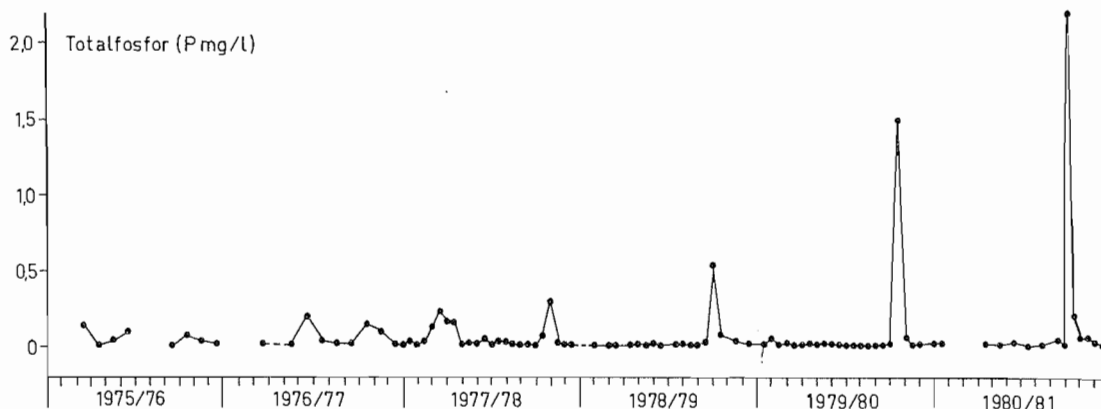


Fig. 11. Fosfor i dräneringsvatten. *Phosphorus in drainage water.*

Tabell 3. Medelvärden för kalium i dränerings- och grundvatten. *Mean values for potassium in drainage and ground water.*

Dräneringsvatten

| År | 75/76 | 76/77 | 77/78 | 78/79 | 79/80 | 80/81 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konc. (K mg/l) | 5,6 | 11,4 | 7,8 | 6,8 | 8,3 | 9,7 |
| Transp. (K kg/(ha·a)) | 9,2 | 25,7 | 18,3 | 22,4 | 20,8 | 19,4 |

Grundvatten (hela perioden 75/81)

| Lokal | 1-18 | 1-27 | 2-20 | 2-30 |
|----------------|------|------|------|------|
| Konc. (K mg/l) | 4,6 | 4,1 | 22,1 | 7,2 |

metern var buffringsförmågan svag med åtföljande lågt pH och endast måttliga öknings av metalljonhalten under flödestoppar. På två meters djup däremot var pH-värdet relativt opåverkat och främst magnesium- och kalciumhalterna var här kraftigt förhöjda.

På tre meters djup var marksystemet helt opåverkat genom att upptrycket här åstadkom en uppåtriktad vattentransport av äldre långväga vatten, vilket ej infiltrerat på fältet. Detta vatten var mycket stabilt till sin karaktär.

Transport. Genom att mätningarna pågick under större delen av året och framför allt under den del som var av betydelse när det gäller avrinningsmängderna kan årstransporten för de större konstituenterna beräknas. Med värden i kg/(ha·a) erhålles:

| År | Ca | Mg | Na | Cl | SO ₄ -S |
|---------|----|----|----|----|--------------------|
| 1980/81 | 71 | 45 | 13 | 21 | 260 |

SAMMANFATTNING

Inverkan av odlingsåtgärder på dränerings- och grundvatten har undersökts

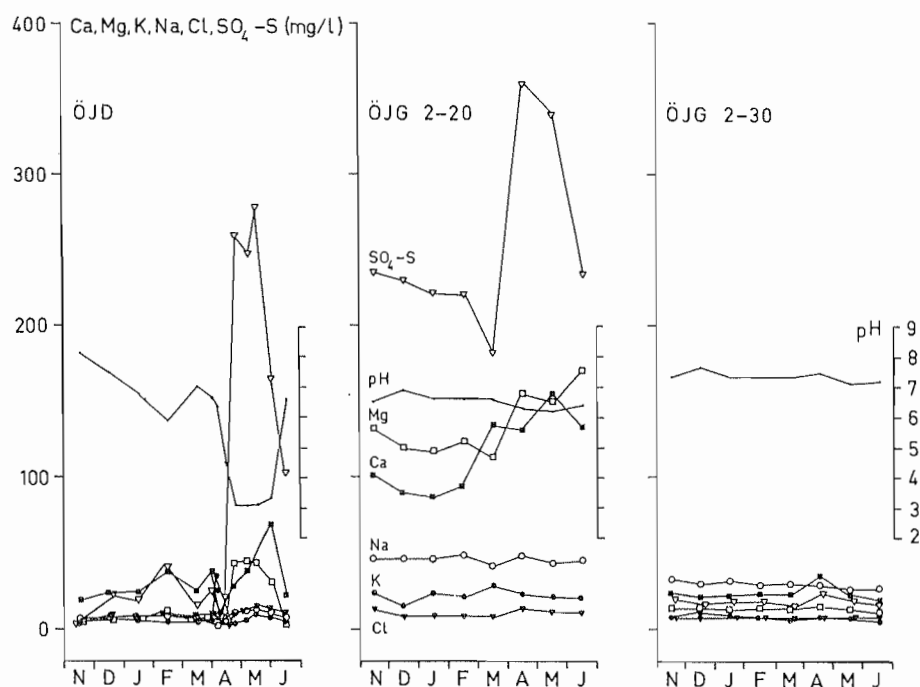


Fig. 12. Halter av större konstituenterna och pH i dränerings- och grundvatten. *Concentrations of major ions and pH in drainage and ground water.*

under sex år vid Öjebyn utanför Piteå.

Både öppen och sluten växtodling har förekommit.

Genom oxidation av sulfider och åtföljande svavelsyrabildning uppmättes stundtals mycket låga pH-värden i dräneringsvattnet. Lägsta värdet var 3,0 pH-enheter. Marksystemet förmådde dock buffra syravågen och på två meters djup var pH-värdena åter neutrala.

Den högsta kvävetransporten, 24 N kg/(ha·a), uppmättes tredje året då ena halvan av fältet var besådd med havre och andra halvan låg i träda.

Höga fosfortal uppmättes i samband med flödestoppar. Förklaringen ligger i att andelen erosionsfosfor ökade. Mer anmärkningsvärt är att särskilt höga fosfortoppar förekom i samband med vallodling. Det är här sannolikt fråga om en utfrysning och lakning av fosfor ur grässets cellmassa.

Kaliumtransporten var relativt hög. Orsaken ligger i den intensiva vittingen på en sulfatjord av den undersökta typen.

Det djupa grundvattnet på fältet var skyddat mot inverkan genom att upptryck rådde.

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och analys. *Rapport nr 137*, 1-79. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

VÄXTNÄRINGSFÖRLUSTER VID RÖBÄCKSDALEN

Losses of nutrients at Röbbäcksdalen

Arne Gustafson och Gunnar Torstensson

Abstract. Investigations of the influence of normal cropping upon the quality of surface and drainage water have been in progress for five years (1976-81) at a field site at Röbbäcksdalen, close to the town of Umeå in northern Sweden. The field site, which was 8.4 ha in area, was systematically drained by a subsurface tile drainage system and provided with a ditch to collect surface water. The surface runoff and the tile drainage were quantified individually in a measuring station using two Thomson weirs. A continuous measurement was made of the surface runoff and the tile effluent together with discrete water sampling for chemical analysis.

The analyses included determination of pH, conductivity, permanganate value, nitrogen, phosphorus and potassium. In the last year the analyses were expanded to include also the following major constituents: sodium, calcium, magnesium, chloride, and sulphate sulphur. The results can be summarized as follows.

The amount of surface runoff was 68 % of the total yearly runoff due to the fact that the ground was frozen until late spring leading to a high proportion of surface runoff (82 %) during the spring flood.

The soil is of sulphatic type resulting in an oxidation of sulphides with accompanying creation of sulphuric acid. For this reason the pH of the drainage water was very low with a median value of 4.6. The corresponding value in the surface water was 6.1.

The amount of mineral nitrogen (ammonium and nitrate) during the autumn varied depending on crop type, fertilization level and management of crop residues. The changes in the amount of mineral nitrogen during the winter were small due to low temperatures in the soil and the large proportion of surface runoff during the spring flood.

The remaining nitrogen, mainly of organic origin, predominated in the surface water while nitrate was the main fraction in the drainage water. The amounts discharged were small. The main discharge of total nitrogen occurred with the drainage water.

Phosphorus due to erosion and phosphorus leached out from frozen leys, in combination with the fact that phosphorus is easily retained in the soil, caused a much higher phosphorus content in the surface water than in the drainage water. This fact combined with the high proportion of surface runoff resulted in the discharge of fairly large amounts of phosphorus with the surface water.

The low pH in the soil favoured weathering processes and consequently increased the potassium discharged with the drainage water. Even for the surface water the amounts discharged were greater mainly due to leaching of potassium from frozen leys.

As expected, the investigation of major ions showed the occurrence of an extensive leaching of sulphatic sulphur.

A comparison with an earlier investigation by Wiklander & Hallgren at the same site during 1959-61 gave the following result (values in kg/(ha·a)):

| Period | Ca | Mg | K | Na | Cl | SO ₄ -S | PO ₄ -P | NO ₃ -N |
|---------|----|----|----|----|----|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1959-61 | 78 | 24 | 19 | 47 | 47 | 99 | 0.039 | 5.9 |
| 1976-81 | 92 | 26 | 22 | 42 | 40 | 119 | 0.107 | 6.0 |

Some interesting facts emerged from this comparison. During this period of nearly 20 years there was a greater discharge of calcium, magnesium, and sulphatic sulphur, presumably due to a slightly increased acidity of the soil. The raised value for the amount of phosphorus discharged can be explained by improved investigation methods. The point of most interest is the fact that there was no change in the level of nitrate discharged though increased nitrogen fertilization. The main reason seems to be the cold climate which causes slow biological nitrogen turnover outside the growing season and a high proportion of surface runoff which lowers the potential for nitrate leaching.

INLEDNING

Det rikstäckande stationsnät som avdelningen för vattenvård driver för att utröna storleken av växtnärläckaget från åkermark vid ordinär jordbruksdrift har numera inlemmats i PMK (Program för övervakning av miljö kvalitet). Antalet stationer är numera tolv. Vid de övriga har mätningarna upphört i brist på medel. Av den anledningen redovisas successivt resultaten från de senare i en serie monografier. Det nordligaste försöket vid Öjebyn har redan redovisats och turen har nu kommit till Röbbäcksdalen.

MÅL

Målet med undersökningarna har varit att fastställa orsaken och storleken av växtnäringssläckaget till yt- och grundvatten. Vid Röbbäcksdalen har dock grundvattenundersökningarna ej medtagits i programmet. Däremot har de två avrinningskomponenterna yt- och dräneringsvatten kunnat studeras var för sig.

FÖRSÖKSFÄLTET

Allmänt

En beskrivning av försöksfältet har tidigare gjorts av Brink, Gustafson & Persson (1979). Beskrivningen upprepas emellertid här i tämligen oförändrad form.

Fältet tillhör Sveriges lantbruksuniversitets försöksgård i Röbbäcksdalen strax söder om Umeå. Det har även tidigare använts för avrinningsstudier (Hallgren & Rietz 1963) och för bestämning av växtnäring förluster (Wiklander & Hallgren 1971). Fältets belägenhet framgår av fig. 1.

Försöksfältet sluttar svagt mot sydväst. Areal och år för anläggningsarbeten är följande.

| Areal (ha) | Täckdikning | Mätstation | Grundvattenrör |
|------------|-------------|------------|----------------|
| 8,36 | 1952 | 1952 | Saknas |

I mätstationen uppmäts yt- och dräneringsvatten var för sig. För att fånga in ytvattnet omges försöksfältet på tre sidor av en jordvall (fig. 2).

Geologisk beskrivning

Ytjordarterna på fältet består av finkorniga sediment i vilka mofraktionen dominerar. Inslaget av mjäla och ler är ställvis betydande. Sedimenten har avsatts i havet som ännu för något tusental år sedan täckte området kring fältet. Jordartsmaterialet härrör dels från slam som transporterats ut från Umeälven och sedimenterat i det dåtida havet, dels från material som utsvallats genom vågverkan på den högre liggande terrängen sydväst och nordost om fältet.

Struktur

Den översta metern av profilen är rik på sprickplan och mellan dessa är jorden väl aggregerad. På aggregatens utsida finns en rostbrun yta av

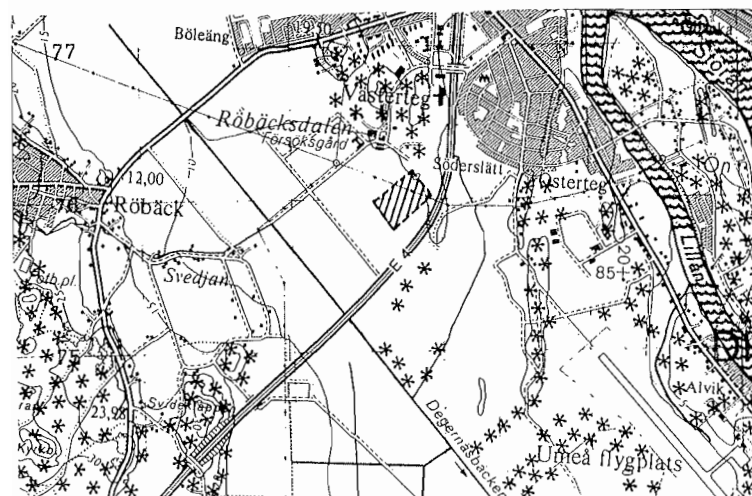


Fig. 1. Försöksfält med omgivning. *Experimental field and surroundings.*

järnutfällningar. I sprickplanen och till viss del kring aggregaten etablerar grödorna ofta en relativt tät rotmatta.

MATERIAL OCH METODER

Fältutrustning

Mätstationens principiella utformning och provtagningsutrustning har beskrivits av Brink, Gustafson & Persson (1978). Ytvatten och dräneringsvatten kunde här bestämmas var för sig enär mätstationen var tvåparallellig.

Provtagning

Vatten. Prov på avrinnande vatten från försöksfältet togs i respektive inkommande ledning för yt- och dräneringsvatten. Detta skedde minst en gång per månad med tätare provtagning under vårflödena. Proven samlades i två olika flaskor, nämligen en för bestämning av nitrat, totalkväve, totalfosfor och permanganattal och en för nitrit, ammonium, fosfat, kalium, pH och ledningstal. De förra proven konserverades med 1,25 M H_2SO_4 (4 ml/l) och de senare med kloroform (1 ml/l).

Från och med juli 1979 infördes en särskild glasflaska för fosforprov.

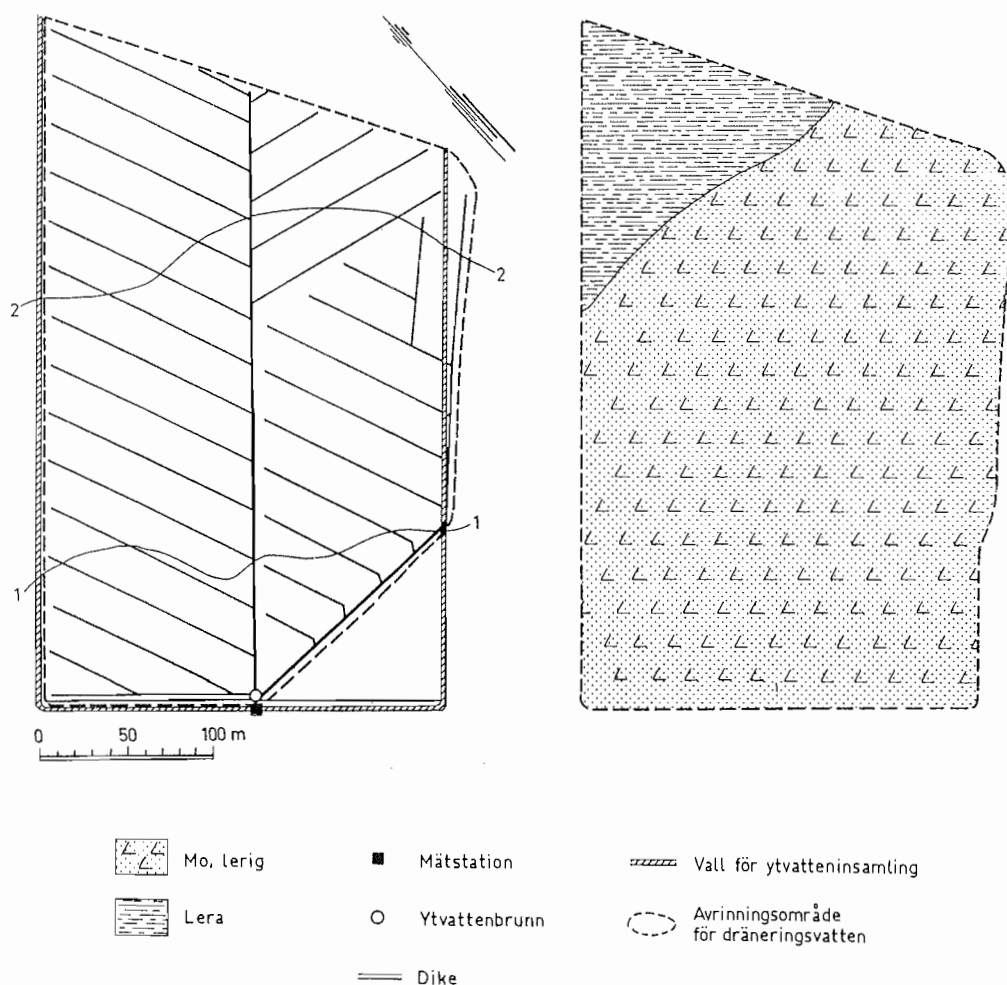


Fig. 2. Försöksfältet i Röbbäcksdalen. Täckdiketsplan och geologisk karta. *Experimental field at Röbbäcksdalen. Pipe draining map and geological map. Soil types: sandy clay loam, clay. Signs: measuring station, well, open ditch, wall for surface water, water shed.*

Detta för att förhindra adsorbtion av fosfor till provflaskans väggar. Ingen konservering gjordes av detta prov.

Under hösten 1980 utökades analysomfattningen med natrium, kalcium, magnesium, klorid och sulfatsvavel. I samband med detta slopades all konservering av proven. Proven sändes per ilpost och nådde laboratoriet inom två dygn. De förvarades i mörker och kyla 2-4 °C. Analyserna utfördes inom 14 dagar.

Jord. Provtagning skedde höst och vår under två år med början hösten 1978. Den företogs med rörborr. Metoden härför har närmare beskrivits av Lindén (1981).

Vattenanalys

Analyserna utfördes vid avdelningens vattenlaboratorium. Metoderna överensstämmer i princip med svensk standard för vattenundersökningar. I några fall har reagensmängder och koncentrationer anpassats till automatisk analys. För närmare detaljer i analysmetoderna hänvisas till Brink *et al.* (1978) och Gustafson & Torstensson (1983).

Jordanalys

Analysmetoderna för ammonium- och nitratkväve i jord har beskrivits av Lindén (1981).

Beräkningsmetoder

Till och med det agrohydrologiska året 77/78 har materialtransporten beräknats i enlighet med vad som beskrivits av Brink *et al.* 1978. Då allt material numera är lagt på datorskivminne har en annan metod valts för transportberäkning. Den går till så att ett koncentrationvärde för alla dagar med avrinning interpoleras fram. De sålunda erhållna värdena multipliceras med motsvarande dygnsavrinning för erhållande av dygnstransport. Dygnstransporterna summeras sedan till månads- och årstransporter.

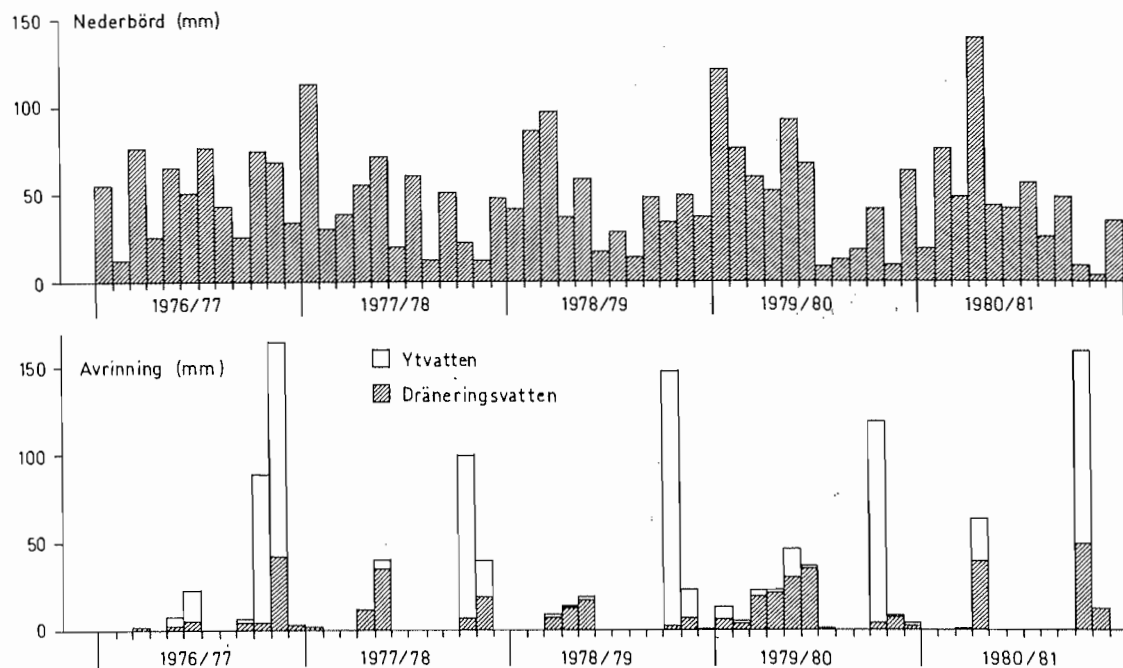


Fig. 3. Nederbörd och avrinning. *Precipitation, surface runoff and tile drainage.*

Tabell 1. Nederbörd och avrinning. *Precipitation and runoff.* (Values in mm.)

| År | Nederbörd | Årsavrinning | | | Avr. JUL-DEC | | Avr. JAN-JUN | |
|-------|-----------|--------------|-------|------|--------------|-------|--------------|-------|
| | | Yt. | Drän. | Tot. | Yt. | Drän. | Yt. | Drän. |
| 76/77 | 603 | 232 | 58 | 290 | 23 | 8 | 209 | 51 |
| 77/78 | 527 | 116 | 74 | 190 | 5 | 40 | 110 | 26 |
| 78/79 | 496 | 167 | 47 | 214 | 4 | 37 | 163 | 10 |
| 79/80 | 616 | 147 | 99 | 246 | 5 | 84 | 142 | 14 |
| 80/81 | 528 | 134 | 102 | 236 | 23 | 40 | 110 | 62 |
| Medel | 554 | 159 | 76 | 235 | 12 | 42 | 147 | 33 |

Odlingsåtgärder

Då försöksfältet nyttjades för traditionella växtodlingsförsök fanns på detsamma många olika grödor och behandlingar representerade. Påverkan av odlingen på vattnet utgjordes därför av en integrerad skala av odlingsåtgärder, varför enskilda grödors eller gödslingsnivåers inverkan på vattenkvalitén ej kunde utläsas. Dock gav bestämningen av den mineraliska kväveprofilen, vilken gjordes på flera grödor, en indikation om grödans inverkan på det mineraliska markkvävet.

De dominerande grödorna på försöksfältet var korn, havre, vall och potatis.

RESULTAT

Nederbörd, snötäcke, tjäle och avrinning

Nederbörd. Medelnederbörden för Röbbäcksdalen under en 30-årsperiod (1931-60) uppgår till 599 mm. Under försöksperioden har första och fjärde året legat strax över detta värde medan de övriga åren låg klart under (tabell

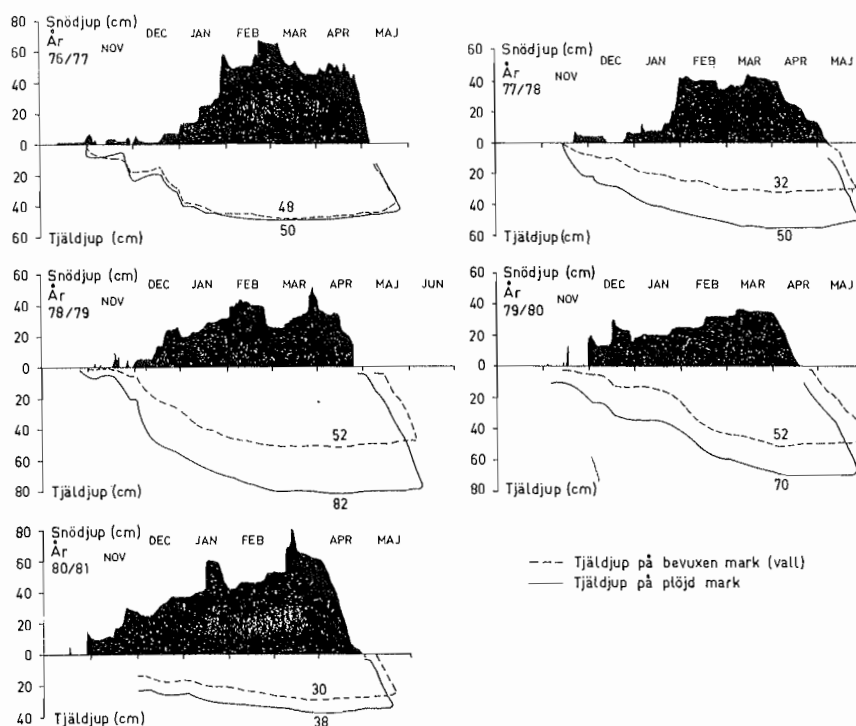


Fig. 4. Snötäcke och tjældjup. *Covering of snow and frost in the ground.*

1). Den högsta månadsnederbörden uppgick till 138 mm och lägsta till endast 3 mm (fig. 3).

Snötäcke och tjäle. Snön började i allmänhet att lägga sig i november (fig. 4). Under december månad var marken helt snötäckt utom hösten 1977. En varaktig minskning av snötäcket inleddes i allmänhet i början av april. I slutet av april eller i början av maj var marken snöfri.

Tjäldjupet mättes både på bevuxen mark (vall) och plöjd mark. Tjäle började i allmänhet att bildas under november. Som väntat trängde tjälen snabbast och djupast ner på den plöjda marken och där varierade det årliga högsta tjäldjupet mellan 38 och 82 cm. Motsvarande tal på vall blev 30 resp. 52 cm. När tjälen började släppa på våren skedde detta till största delen i riktning uppifrån och nedåt. Processen startade när marken var snöfri. Upptiningen gick som väntat snabbast på den plöjda marken men genom att tjälen var djupare där så blev profilerna tjälfria ungefär samtidigt.

Avrinning. Avrinningsbilden var typiskt norrländsk med en höst- och en vårflod och frusna förhållanden under högvintern. Årsavrinningen varierade mellan 190 och 290 mm (tabell 1) och i medeltal utgjorde ytavrinningens andel 68 procent. Här förelåg emellertid klara skillnader mellan höst och vår. Genom att tjälen fortfarande var kvar i marken då varavrinningen började blev ytavrinningens andel här i medeltal hela 82 procent medan motsvarande tal på hösten var 22 procent, alltså ett helt omvänt förhållande. Andelen ytavrinning på våren ökade också entydigt med tjäldjupet (fig. 5).

I absoluta tal uppgick höstavrinningarna i medeltal till 54 mm och våravrinningarna till 180 mm. Våravrinningarna var således klart dominerande. Under snösmältningstiderna april och maj kunde avrinningstalen ligga kring 150 mm per månad (fig. 3).

pH och ledningstal

För hela försöksperioden erhöles följande median- resp. medelvärden för pH och ledningstal:

| | pH | Ledningstal ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|------------------|-----|---|
| Ytvatten | 6,1 | 196 |
| Dräneringsvatten | 4,6 | 706 |

Att ytvattnets pH var under neutralpunkten är inte förvånande genom att nederbörden är sur. Det mycket låga pH-värdet i dräneringsvattnet är emellertid anmärkningsvärt. Förklaringen kan sökas i att jorden är rik på sulfider som oxideras, vilket leder till svavelsyrabildning. På ett angränsande fält uppmättes följande pH-värden i matjord och alv:

| | | | |
|-----------|------|-------|-------|
| Djup (cm) | 0-30 | 31-60 | 61-90 |
| pH | 6,2 | 4,4 | 4,1 |

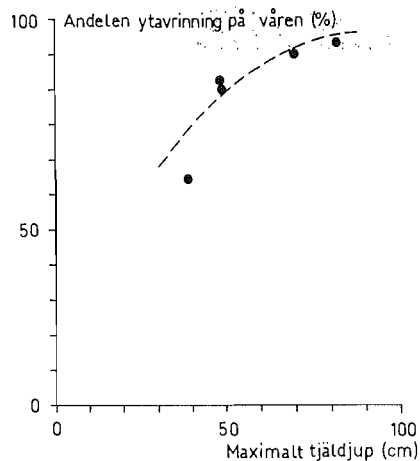


Fig. 5. Andelen ytavrinning som funktion av maximala tjäldjupet. *Proportion of surface runoff as a function of maximal depth of frozen ground.*

Som synes korresponderar dessa värden tämligen väl med de uppmätta pH-värdena i vattnet.

De relativt stora skillnaderna i ledningstal mellan yt- och dräneringsvatten är naturliga enär nederbördsvattnet normalt är jonfattigt samtidigt som jonstyrkan kan förstärkas genom den intensiva vittring som det låga pH-värdet i marken åstadkommer.

Under april och maj 1981 gjordes en tätare provtagning för att utröna om det var stora variationer hos pH och ledningstal i en vårflodssituation. Variationerna visade sig dock vara måttliga (fig. 6).

Permanganattal

Permanganattal är ett mått på halten av organiska ämnen i vattnet men också en del syreförbrukande oorganiska ämnen medbestäms. I medeltal erhöles följande värden (KMnO_4 mg/l):

Ytvatten 47 Dräneringsvatten 13

Det var således tre gånger så mycket syreförbrukande substans i ytvattnet som i dräneringsvattnet. Detta synes naturligt då stora organiska partiklar måste kunna transporteras bort med ytvattnet till skillnad mot vad som är fallet med det av jordprofilen "filtrerade" dräneringsvattnet.

Kväve i marken

För att få en uppfattning om kvävet i marken höst och vår togs jordprov till en meters djup. För att få med grödans inverkan på markkvävet provtogs i vall och efter korn samt potatis. För kornets del fanns även två gödslingsnivåer representerade och dessutom två skörderestbehandlinger, halmen kvar och halmen bort. Resultaten från höstprovtagningen 1978 finns redovisade i fig. 7.

Intressant är att se hur litet kväve det fanns i valledet. Av det lättlörliga nitraten fanns endast 4 N kg/ha, som är en mycket låg siffra. I kornleden samt efter potatisen var kvävemängderna större. En jämförelse mellan vallen och potatisen visar att ammoniummängderna är likartade. Det är nitrattmängderna som är anmärkningsvärt höga hos potatisen. Förklaringen till detta kan vara dålig kväveupptagning i kombination med lättmineraliserbara skörderester hos potatisen. Även den förhållandevis intensiva jordbearbetningen vid potatisodling kan spela in genom att det skapas en aerob miljö som är gynnsam för nitrifikation. För kornets del visade det sig att en ökning av gödselgivan från 60 till 120 N kg/ha ökade markkvävet med ungefär 20 N kg/ha oberoende av skörderestbehandling. Vidare gav åtgärden halmen bort för båda gödslingsnivåerna upphov till en ökning av markkvävet med drygt 20 N kg/ha jämfört med halmen kvar. Denna ökning låg till största delen på ammoniumsidan. Att så var

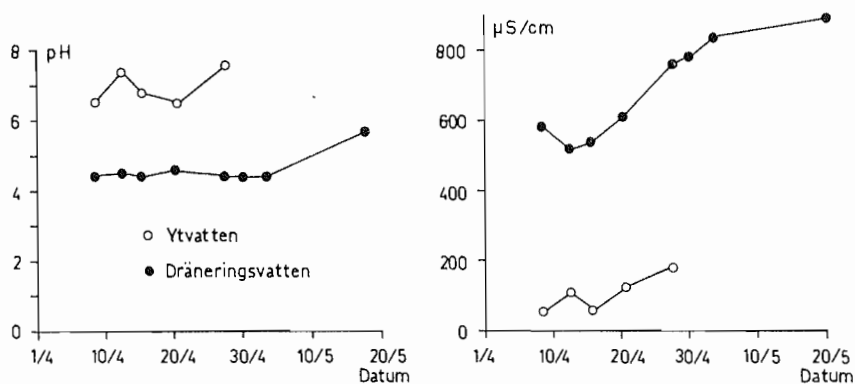


Fig. 6. pH och ledningstal i yt- och dräneringsvatten. *pH and conductivity in surface and drainage water.*

fallet berodde sannolikt på att markmikroberna var svältfödda i ledet halmen bort och därför inte ånyo tog hand om den bildade ammoniak som då skulle ha fastlagts i mikrobäggvita. Samtidigt var nitrifikationsbetingelserna mindre gynnsamma på grund av lågt pH och temperatur.

Potentiell utlakningsrisk för markkvävet. En bedömning av den potentiella utlakningsrisken efter de undersökta grödorna måste utfalla så att risken är störst efter potatis. Därefter kommer hög gödselgiva till korn medan markkväveökningen vid halmborttagning ej ökar risken, enär ökningen låg på ammoniumsiden. Minst utlakningsrisk föreligger efter vall.

Markkvävetets förändring under vintern. För att se hur markkvävemängden förändrades mellan höst och vår togs prover även under maj månad de båda åren. Det visade sig att förändringarna var små även i de fall kvävemängderna var stora (fig. 8). Vinterns tidiga inträde och den därav följande snabba och djupa tjälningen särskilt på plöjd mark "konserverar" markkvävet över vintern.

Kväve i vatten

Ammonium. Ytvattnet hade nästan genomgående en högre ammoniumhalt än dräneringsvattnet (tabell 2). Detta är naturligt då ammonium lätt immobiliserar på sin väg ner genom markprofilen.

Nitrit. Halterna var genomgående låga, vilket är vanligt då nitrit är ett intermediärt ämne.

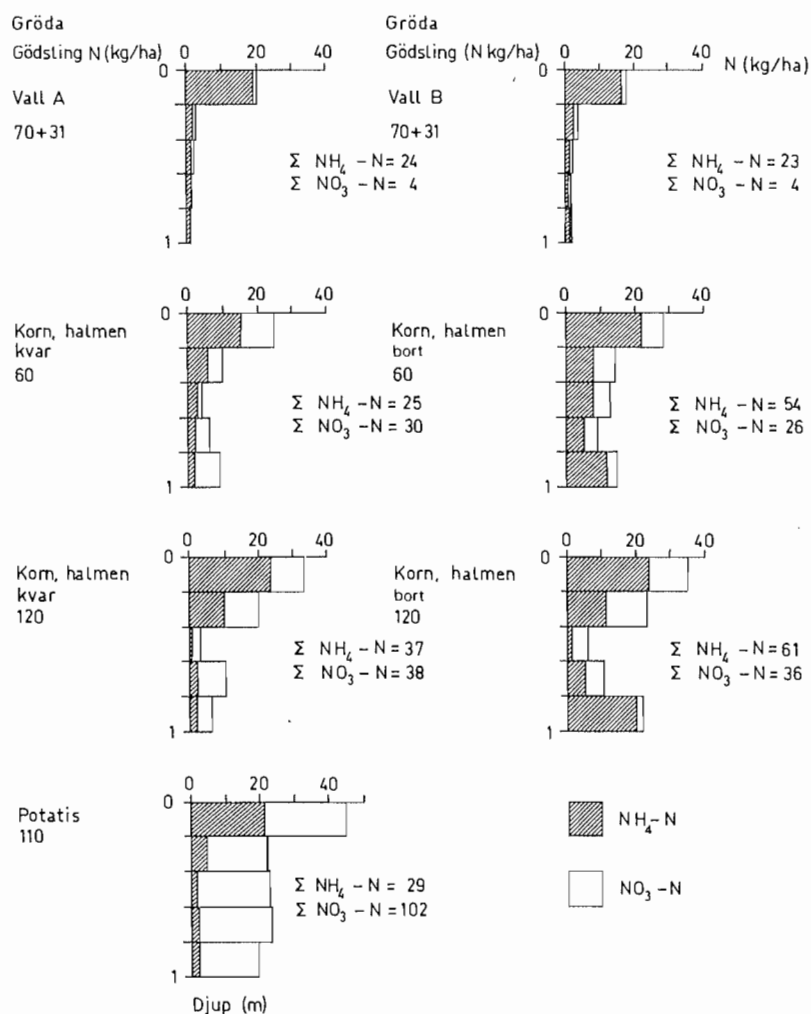


Fig. 7. Mineraliskt kväve i marken på hösten 1978 efter olika grödor. Mineral nitrogen in the soil in the autumn of 1978 after different crops.

Tabell 2. Kväve i yt- och dräneringsvatten. *Nitrogen in surface and drainage water.*

| År | Ytvatten | | | | | Dräneringsvatten | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|
| | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | Tot.N | Övr.N | NH ₄ | NO ₂ | NO ₃ | Tot.N | Övr.N |
| <i>Halt (N mg/l)</i> | | | | | | | | | | |
| 76/77 | 0,60 | 0,010 | 1,15 | 2,95 | 1,10 | 0,29 | 0,003 | 3,77 | 5,04 | 0,98 |
| 77/78 | 0,13 | 0,004 | 1,22 | 2,53 | 1,14 | 0,28 | 0,004 | 4,10 | 4,68 | 0,30 |
| 78/79 | 0,16 | 0,003 | 0,58 | 2,13 | 1,36 | 0,10 | 0,003 | 3,45 | 4,86 | 1,21 |
| 79/80 | 0,20 | 0,008 | 0,31 | 2,09 | 1,50 | 0,16 | 0,009 | 3,24 | 3,92 | 0,51 |
| 80/81 | 0,38 | 0,006 | 1,30 | 3,04 | 1,35 | 0,15 | 0,005 | 2,70 | 3,32 | 0,47 |
| <i>Transport (N kg/(ha·a))</i> | | | | | | | | | | |
| 76/77 | 0,47 | 0,012 | 0,70 | 1,11 | 2,29 | 0,11 | 0,014 | 2,21 | 0,94 | 3,26 |
| 77/78 | 0,27 | 0,006 | 0,43 | 1,00 | 1,70 | 0,14 | 0,002 | 3,20 | 0,25 | 3,59 |
| 78/79 | 0,34 | 0,005 | 0,76 | 2,10 | 3,20 | 0,10 | 0,001 | 1,87 | 0,25 | 2,22 |
| 79/80 | 0,48 | 0,009 | 0,41 | 1,19 | 2,08 | 0,17 | 0,004 | 3,38 | 0,55 | 4,08 |
| 80/81 | 0,11 | 0,005 | 1,49 | 0,89 | 2,49 | 0,11 | 0,003 | 3,63 | 0,32 | 4,05 |

Nitrat. Dräneringsvattnet hade genomgående en högre nitrathalt än ytvattnet. Detta är naturligt då nitraten, som till alldeles övervägande del är löst i markvätskan, blir mycket lätttröligt och följer med det perkolerande vattnet. Samtidigt är nitralthalterna i nederbörden förhållandevis låga, varför ytvattnets halter också måste bli låga.

Det var inga större svängningar i medelhalterna under de fem försöksåren (tabell 2). Inomårsvariationerna var också små både för yt- och dräneringsvatten. De låg maximalt under 2 resp. 6 N mg/l (fig. 9).

Övrigt kväve. Detta kväve utgöres främst av organiskt kväve och har således sitt ursprung närmast från växtmaterial. Det är därför inte förvånande att det var högre halter i ytvattnet än i dräneringsvattnet. Jordprofilen tjäna som ett filter för det perkolerande vattnet och större organiska partiklar frånfiltreras. I ytvattnet tävlade det organiska kvävet med nitratkvävet om vilken fraktion som dominerade, medan i dräneringsvattnet nitraten hela tiden var den dominerande fraktionen (tabell 2).

Totalkväve. För att illustrera den totala variationsbredden hos kvävet har totalkvävet redovisats i fig. 9. Variationerna var måttliga. Detta är

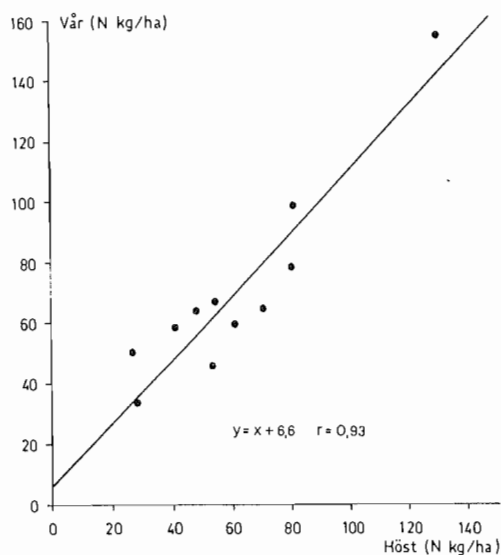


Fig. 8. Markkvävemängdens förändring från höst till vår. *The change of soil mineral nitrogen from autumn to spring.*

till en del en konsekvens av de konservativa odlingsmässiga förhållandena på försöksfältet med många fastliggande försök. Dessutom har naturligtvis det kalla klimatet och det låga pH-värdet i marken haft en dämpande inverkan på kvävevariationerna.

Transport av kväve

De transporterade kvävemängderna var inte särskilt stora (tabell 2). För nitrat var de helt försumbara. Tidsmässigt var transporten en återspeglning av avrinningsbildningen (fig. 3 och 9).

Trots att ytavrinningen i medeltal stod för 68 procent av avrinningen så skedde den övervägande kvävetransporten med dräneringsvattnet. Detta var särskilt tydligt för nitrat där i medeltal 79 procent transporterades med dräneringsvattnet. Detta motverkades av något större transport av ammonium och övrigt kväve med ytvattnet. Trots detta transporterades 59 procent av totalkvävet med dräneringsvattnet. Vintrarnas långvariga tjäle, som orsakade stor ytvattenandel i den totala avrinningen, hade följaktligen en kraftigt minskad nitratutlakning som följd.

Fosfor

Halt. Fosforhalten i dräneringsvattnet var mycket lägre än i ytvattnet (tabell 3). Detta är naturligt då fosfor är svårörligt i marken. Orsaken till ytvattnets höga totalfosforhalt har två huvudförklaringar. Fosfatfosfor ökar genom att fosfor frigöres genom utfrysning och lakning av företrädesvis vallarnas gröna cellmassa. Den övriga fosfor ökar främst genom att fosfor som är bunden till oorganiska och organiska

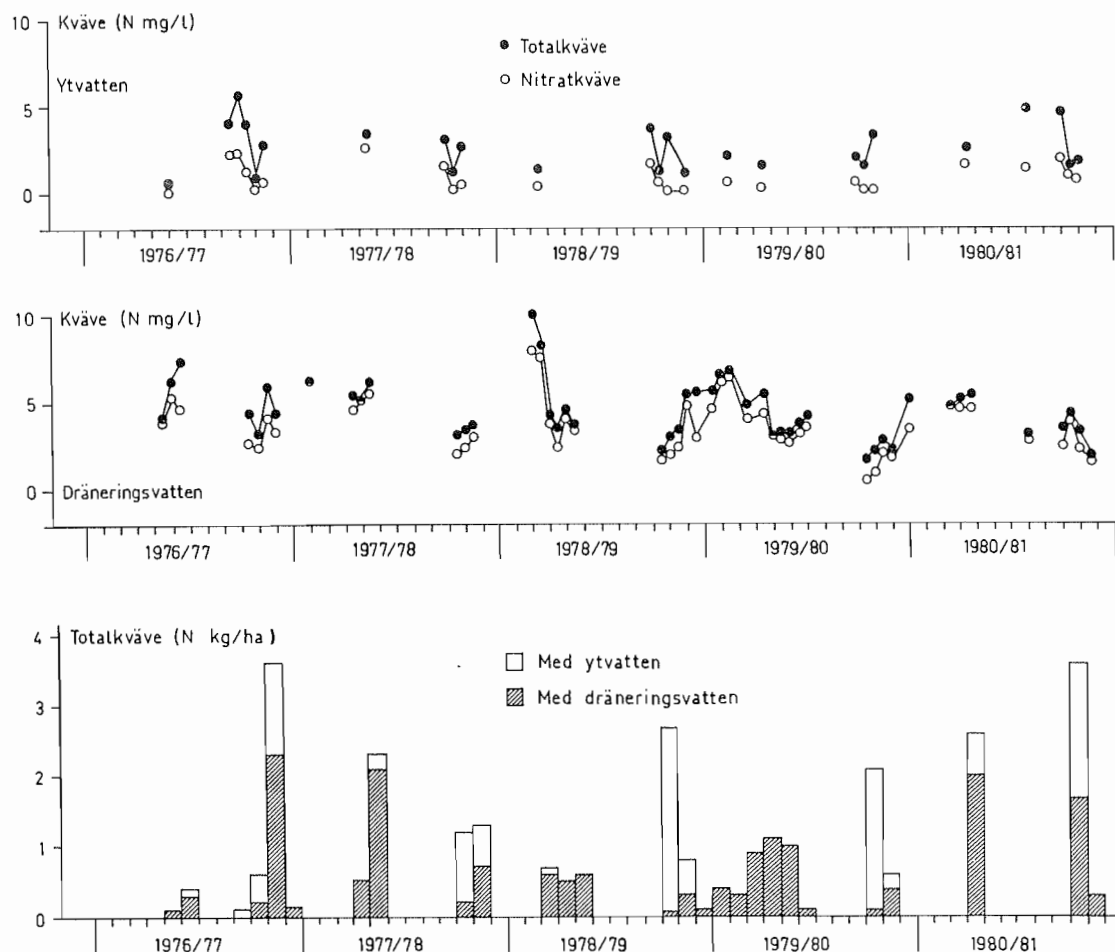


Fig. 9. Kväve i yt- och dräneringsvattnet. *Nitrogen in surface and drainage water.*

Tabell 3. Fosfor i yt- och dräneringsvatten. *Phosphorus in surface and drainage water.*

| År | Ytvatten | | | Dräneringsvatten | | |
|--------------------------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| | PO ₄ | Övr.P | Tot.P | PO ₄ | Övr.P | Tot.P |
| <i>Halt (P mg/l)</i> | | | | | | |
| 76/77 | 0,035 | 0,067 | 0,102 | 0,007 | 0,013 | 0,020 |
| 77/78 | 0,057 | 0,057 | 0,114 | 0,009 | 0,043 | 0,052 |
| 78/79 | 0,048 | 0,225 | 0,273 | 0,006 | 0,028 | 0,034 |
| 79/80 | 0,122 | 0,113 | 0,235 | 0,017 | 0,015 | 0,032 |
| 80/81 | 0,120 | 0,101 | 0,221 | 0,006 | 0,019 | 0,025 |
| <i>Transport (P kg/(ha·a))</i> | | | | | | |
| 76/77 | 0,130 | 0,096 | 0,226 | 0,004 | 0,016 | 0,020 |
| 77/78 | 0,073 | 0,038 | 0,111 | 0,006 | 0,016 | 0,022 |
| 78/79 | 0,107 | 0,217 | 0,324 | 0,003 | 0,011 | 0,014 |
| 79/80 | 0,097 | 0,172 | 0,269 | 0,014 | 0,010 | 0,024 |
| 80/81 | 0,105 | 0,017 | 0,122 | 0,008 | 0,016 | 0,024 |

partiklar följer med vattnet i suspenderad form.

Variationerna i fosforhalt var naturligt nog störst för ytvattnet och särskilt i vårflodens inledningsskede kunde halterna vara höga (fig. 10). De stora variationerna gör att det är nödvändigt med en tät provtagning för att infånga detaljerna i fosforutlakningen med ytvattnet.

Transport. Årstransporterna var för dräneringsvattnet tämligen små och likartade mellan åren medan för ytvattnet variationerna var större och av en helt annan storleksordning (tabell 3). I medeltal var den med ytvattnet årsvis transporterade fosformängden tio gånger större än motsvarande mängd för dräneringsvattnet. Förklaringen är att ytvatten var den dominerande avrinningsformen och att fosforhalterna där var högre än i dräneringsvattnet. En ytterligare följd av detta är att de stora fosfortransporterna skedde i samband med vårflödena (fig. 10).

Kalium

Kaliumhalterna varierade kraftigt både hos yt- och dräneringsvatten. Allmänt får halterna anses som förhållandevis höga (fig. 11). Förklaringen till de höga halterna i dräneringsvattnet står att söka i den intensiva vittringen hos en sulfatjord av denna typ. För ytvattnets del kan orsaken vara utfrysning och lakning av främst grön cellmassa i vallar men också direkta förluster från kaliumgödselmedel.

Transportvärdena för kalium blev relativt stora och vilken transportväg som dominerade varierade mellan åren. Följande mängder i K kg/(ha·a) transporterades de olika åren:

| År | 76/77 | 77/78 | 78/79 | 79/80 | 80/81 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ytvatten | 17,6 | 2,2 | 27,2 | 7,1 | 8,2 |
| Dräneringsvatten | 5,9 | 8,3 | 6,7 | 11,9 | 12,4 |
| Totalt | 23,5 | 10,5 | 33,9 | 19,0 | 20,6 |

Större konstituent

Sista året undersöktes vissa större konstituent. Det var stora skillnader i koncentrationer mellan yt- och dräneringsvatten för samtliga undersökta ämnen (tabell 4). Förklaringen ligger i den omfattande vittringen i denna sura jord. Det perkolerande vattnet anrikas därför kraftigt på olika joner. Beroende på ämne blev transporten med dräneringsvattnet upp till

tio gånger så stor som motsvarande ytvattentransport.

Jämförelse med äldre material

Intressant är att jämföra här föreliggande resultat med de som Wiklander *et al.* erhöll för perioden 1959-61. Följande ämnestransporter kan jämföras (värden i kg/(ha·a)):

| Period | Ca | Mg | K | Na | Cl | SO ₄ -S | PO ₄ -P | NO ₃ -N |
|---------|-----|-----|----|-----|-----|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1959-61 | 78 | 24 | 19 | 47 | 47 | 99 | 0,039 | 5,9 |
| 1976-81 | 92* | 26* | 22 | 42* | 49* | 119* | 0,107 | 6,0 |

*Endast 80/81

I huvudsak är de transporterade mängderna av samma storleksordning under de två perioderna. De något förhöjda transportererna för kalcium, magnesium, kalium och sulfat kan möjligen förklaras av en svagt tilltagande försumning. Den relativt stora skillnaden i fosfortransporten kan ha sin orsak i att undersökningsmetodiken förbättrats så att fosfortopparna har infångats bättre. För kvävet del var skillnaderna försumbara. Detta trots att kvävegödslingen rimligen bör ha ökat under den gångna tjugoförårsperioden. Det kalla klimatets dämpande inverkan på kväveomsättningsprocesserna i marken har säkert stor betydelse härvidlag.

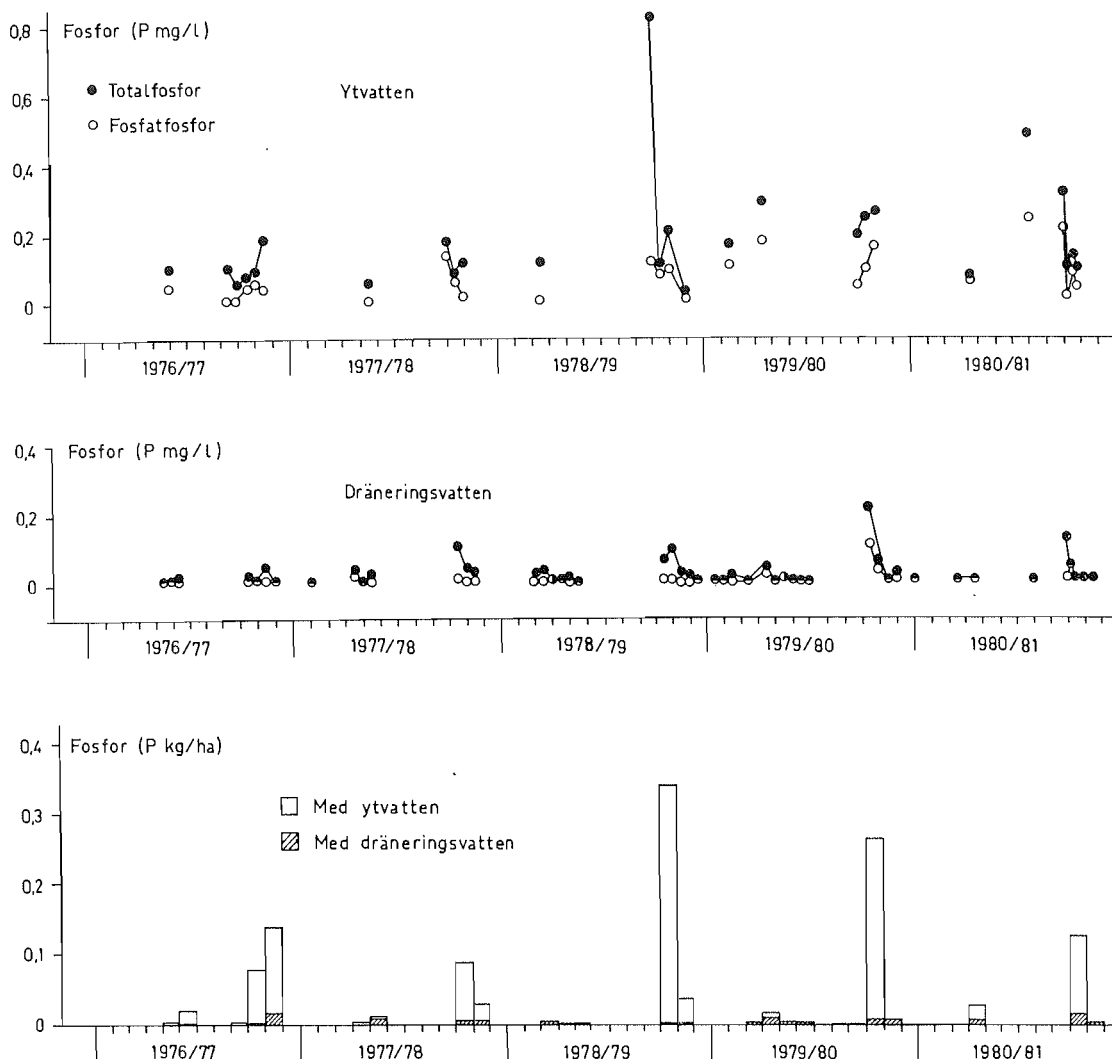


Fig. 10. Fosfor i yt- och dräneringsvatten. *Phosphorus in surface and drainage water.*

Tabell 4. Aritmetiska medeltal för större konstituenten under 1980/81.
Mean values for major ions during 1980/81.

| Ämne | Ca | Mg | Na | Cl | SO ₄ -S |
|-------------------------------|----|-----|-----|-----|--------------------|
| <i>Koncentrationer (mg/l)</i> | | | | | |
| Ytvatten | 15 | 1,9 | 6,3 | 8,4 | 25 |
| Dräneringsvatten | 65 | 23 | 33 | 40 | 303 |
| <i>Transport (kg/(ha·a))</i> | | | | | |
| Ytvatten | 22 | 2,4 | 9,1 | 9,3 | 11 |
| Dräneringsvatten | 70 | 24 | 33 | 40 | 108 |

SAMMANFATTNING

Inverkan av odlingsåtgärder på kvaliteten hos avrinnande vatten från åkermark har undersökts under fem år vid Röbbäcksdalen utanför Umeå. Försöksfält och mätstation var så utformade att yt- och dräneringsvatten kunde undersökas var för sig.

Av årsavrinningen utgjorde i medeltal 68 procent ytavrinning. Främsta orsaken till detta var vintrarnas djupa och långvariga tjäle som medförde att den övervägande delen av smältvattnet på våren rann av på ytan (82 %).

Jorden på platsen är rik på svavel. Detta medförde oxidation av sulfider med åtföljande svavelsyrabildning. Medianvärdet för dräneringsvattnets pH var därför så lågt som 4,6 enheter och motsvarande tal för ytvatten 6,1 enheter.

Mängden mineraliskt markkväve (ammonium och nitrat) på hösten var beroende av gröda, gödselgivans storlek och skörderestbehandling. Det visade vidare små förändringar mellan höst och vår. Den låga temperaturens dämpande inverkan på kväveomsättningsprocesserna liksom ytavrinningens dominans under vårfloden förklarade detta.

I ytvattnet dominerade övrigt kväve medan nitrat dominerade i dräneringsvattnet. De transporterade mängderna var inte stora. Största totala kvävetransporten skedde med dräneringsvattnet.

Erosionsfosfor och fosfor som frysts ut och lakats från den gröna cellmassan hos vallar samt det faktum att fosfor lätt fastläggs i marken bidrog till att fosforhalten var mycket högre i ytvattnet än i dräneringsvattnet. Detta sammantaget med den höga andelen ytavrinning medförde att fosfortransporterna blev förhållandevis höga.

Markens låga pH gynnade vittringsprocessen. Detta märktes genom att kaliumtransporten med dräneringsvattnet var betydande. Transporten med ytvattnet var också stor. Orsaken till detta var utfrysning och lakning

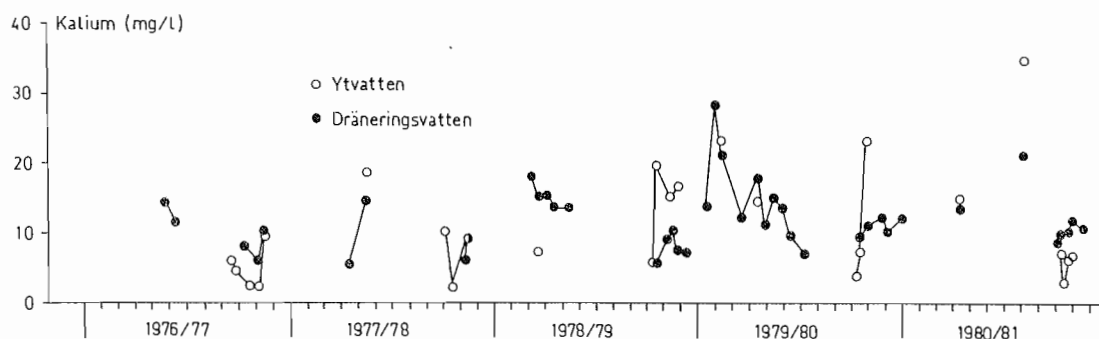


Fig. 11. Kalium i yt- och dräneringsvatten. *Potassium in surface and drainage water.*

från vallar men sannolikt också förluster från gödselkalium.

Sista året undersöktes även vissa större konstituenten. Resultaten visar att bl.a. utlakningen av sulfatsvavel var mycket stor.

En jämförelse med resultat från utlakningsmätningar på samma lokal 20 år tidigare visar att utlakningen av kalcium, mangan, kalium, sulfatsvavel och fosfatfosfor ökat något. För kväve är den oförändrad medan den minskat för natrium och klorid.

REFERENSER

- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1978. Förluster av växtnäring från åker. *Ekohydrologi nr 1*, 1-60.
- Brink, N., Gustafson, A. & Persson, G. 1979. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. *Ekohydrologi nr 4*, 7-57.
- Gustafson, A. & Torstensson, G. 1983. Växtnäringsförluster vid Öjebyn. *Ekohydrologi nr 13*, 21-33.
- Hallgren, G. & Rietz, B. 1963. Avrinningsförhållanden vid mindre nederbördsområden. *Grundförbättring 16*, 163-201.
- Lindén, B. 1981. Ammonium- och nitratkvävet rörelser och fördelning i marken. II Metoder för mineralkväveprovtagning och analys. *Rapport nr 137*, 1-79. Avdelning för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Wiklander, L. & Hallgren, G. 1971. Utlakning av näringsämnen. *Grundförbättring 24*, 95-111.

NITRATUTLAKNING OCH BEVATTNING

Drainage losses of nitrate and irrigation

Rikard Jernlås och Per Klingspor

Abstract. Drainage losses of nitrate from a sandy soil were studied in an irrigation plot experiment from June 1979 to April 1980. The experimental field is situated at Plönninge in the south-west of Sweden. Each plot is specially drained with a separate drainage system. The area of each plot is 3 000 m². All percolating water is assumed to be collected in the tiles as the soil underneath is an impermeable clay. Irrigation caused some drainage runoff in the summer months, while no runoff occurred from non-irrigated plots. The nitrate losses for the period were abnormally low, varying between 1-3 kg/ha NO₃-N. Medium intensity of irrigation was found to reduce the losses compared with non-irrigation, while high irrigation intensity was found to enhance the drainage losses.

INLEDNING

Under 60- och 70-talet har den bevattnade arealen i det svenska jordbruket ökat starkt. Det bästa ekonomiska utbytet har bevattning av vall, potatis och specialgrödor gett. I mån av kapacitet bevattnas även stråsäd och oljeväxter. Bevattning på sandjordar är särskilt intressant eftersom dessa jordar har ett litet växttillgängligt vattenförråd och därför är torkkänsliga. Samtidigt är de också lakningskänsliga och frågan har ställts om bevattning främjar utlakningen. Från utlakningssynpunkt är det likgiltigt om avrinningen förorsakas av bevattning eller nederbörd. Klart är att det krävs mindre nederbörd för att förorsaka avrinning från mark som genom bevattning redan tidigare har ett högt vatteninnehåll jämfört med om bevattning ej förekommit. Det finns en möjlighet att effekten av den ökade avrinningen neutraliseras. Detta kan ske genom att bevattnad gröda har större möjlighet att ta upp och tillgodogöra sig i markvätskan löst växtnäring.

Sammanfattningsvis kan man alltså förvänta större avrinning men lägre växtnäringshalter under bevattnade förhållanden än under obevattnade förhållanden. Då dessa effekter motverkar varandra blir deras relativa storlek avgörande för om slutresultatet blir en ökad eller minskad utlakning vid bevattning. För att belysa detta närmare följdes utlakningen under en bevattningssäsong vid olika bevattningsregimer på en sandjord.

MÅL

Målet har varit att undersöka sambandet mellan utlakning och bevattningsintensitet på en sandjord.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfältet har tidigare använts för mätning av växtnäringsläckage efter spridning av stallgödsel och för mätning av TCA-utlakning (Brink & Joelsson 1978, Jernlås & Klingspor 1981). Fältet har beskrivits noggrant av Brink & Joelsson (o.c.). Här följer ett utdrag:

"Fältet har sju separata dräneringssystem om 0,3 ha vardera. Det täcks av 1 m mellansand på lerbotten. Tidigare har fältet varit täckt av ett tunt lager torv som dock mineraliserats så att ytjorden idag utgörs av mullhaltig mellansand. Det vatten som påträffas i sanden härrör med största sannolikhet från nederbörd som fallit på fältet och infiltrerat. Uppehållstiden i sanden för detta vatten bedöms vara kort. Flödesmätningen har som tidigare utförts med vippkärl. Antalet vippningar har registrerats med en mikrodator."

Försöket lades enligt följande plan:

| | | | |
|----------------------|---|----|----|
| Ruta | 7 | 6 | 5 |
| Bevattning (mm/gång) | 0 | 25 | 50 |

Bevattningen sattes in vid 25 mm markvattenunderskott från fältkapacitet. Underskottet beräknades med ledning av nederbörd och avdunstning som mättes med SMHI:s regnmätare och Anderssons (1969) avdunstningsmätare. Bevattning utfördes 9-10 juni och 25-26 juni 1979. Grödan var vårrybs.

Dräneringsvattnet provtogs en gång per vecka. Efter konservering sändes proven till eget laboratorium för analys.

Beräkningen av uttransporterade växtnäringsmängder har gjorts med aritmetiska koncentrationsmedeltal för de olika delperioderna. Detta enligt formeln:

$$T = A \cdot c/100$$

där T är uttransporten i kg/ha, A är avrinningen i mm och c är koncentrationen i mg/l.

RESULTAT

Avrinningen under jun-sep är redovisad i fig. 1 och tabell 1. Överskottsbevattningen resulterade i avrinning i motsats till obevattnat inte bara vid själva bevattningstillfällena utan också vid nederbörd i juli, augusti och september. Motsvarande iakttogs i det normalbevattnade ledet, men omfattningen var här mindre.

Nitrathalter och uttransporter för delperioderna är redovisade i tabell

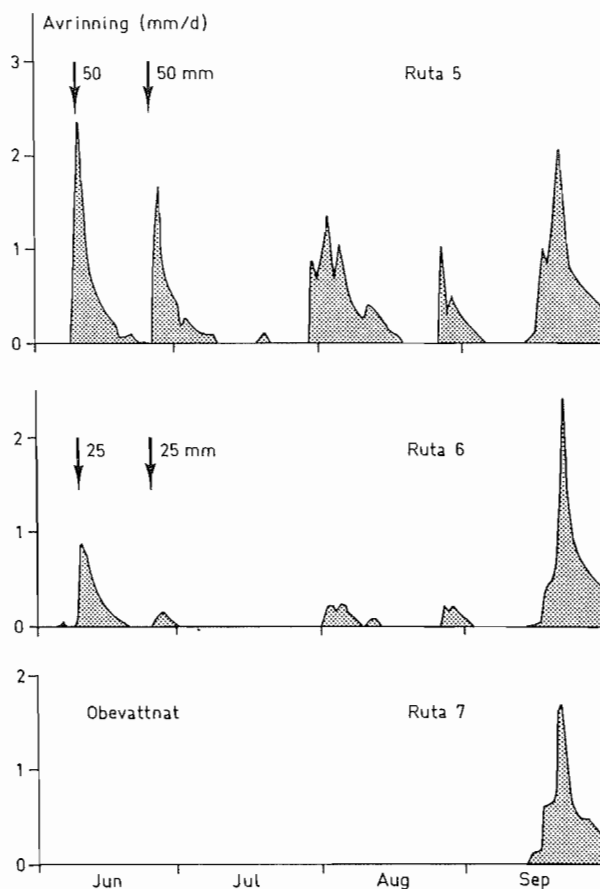


Fig. 1. Avrinning under tiden juni till september. Tile discharge from June to September. Bevattningstillfällena markerade med pilar. Irrigations marked with arrows.

Tabell 1. Avrinning, nitrathalter och nitratförlust. *Drainage discharge, nitrate content, and nitrate losses.*

| Ruta | Avr. (mm) | NO ₃ -N (mg/l) | Förlust (kg/ha) | Avr. (mm) | NO ₃ -N (mg/l) | Förlust (kg/ha) |
|------|---------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|--------------------|
| | <i>Jun-sep 1979</i> | | | <i>Okt-dec 1979</i> | | |
| 5 | 39,6 | 3,00 | 1,187 | 98,3 | 0,88 | 0,865 |
| 6 | 18,2 | 1,64 | 0,299 | 99,3 | 1,24 | 1,231 |
| 7 | 8,8 | 1,09 | 0,095 | 102,0 | 2,78 | 2,805 |
| | <i>Jun-apr 1980</i> | | | <i>Jun 79-apr 80</i> | | |
| 5 | 91,5 | 0,81 | 0,741 | 229 | 1,22 ^a | 2,793 |
| 6 | 92,3 | 0,44 | 0,406 | 210 | 0,92 ^a | 1,936 |
| 7 | 94,8 | 0,95 | 0,901 | 206 | 1,85 ^a | 3,801 |

^aVägt medeltal. *Weighted mean.*

1. Bevattningsleden uppvisade en jämförelsevis stor uttransport under sommaren medan bilden under hösten var den omvända. På våren var mönstret ej entydigt. Den summerade uttransporten för delperioderna var högst för det obevattnade ledet och lägst för det normalbevattnade ledet.

DISKUSSION

När ett försök utförts kan det ifrågasättas om det funna resultatet är en effekt av insatta åtgärder, av slumpmässiga försöksfel orsakade av oprecisa mätningar eller av olikheter i försöksbetingelserna (systematiska fel).

En utvärdering av den slumpmässiga spridning som förekom i detta försök kan inte göras då avsaknaden av paralleller omöjliggör en statistisk bearbetning. Däremot kan uppskattas inverkan av den typ av systematiska fel som uppkommer på grund av försöksrutornas varierande mineraliseringsförmåga.

Uppkomna skillnader kan bero på små jordartsvariationer men också på varierande restmängder av det torvlager som en gång täckt fältet. Utgångspunkten för skattningen får vara nitrathalterna i dräneringsvattnet på rutorna 5, 6 och 7 åren 74/75 och 77/78, två år då hela fältet fått en enhetlig behandling.

Året 74/75 anlades fältet. Med avsikt registrerades nitrathalterna detta år för att erhålla ett bakgrundsmaterial för framtida bruk. Året 77/78 var ett återhämtningsår efter avslutat stallgödslingsförsök. I tabell 2 har halterna för dessa år redovisats som relativtal. Som mått på bakgrunden kan medeltalen för de två åren nyttjas. Förändringar från bakgrundsnivåerna som iakttagits bevattningsåret ses som förorsakade av bevattningen. Som mått på denna förändring har använts uttrycket

$(a-b)/b,$

där a är relativhalten under bevattningsåret och b är medelrelativhalten under bakgrundsåren. De erhållna talen i procent återfinns i tabell 2 under rubriken "Förändring". Då avrinningen varit ungefär lika i de tre försöksleden kan procentsatserna också ses som ett mått på förändrad nitrattransport förorsakad av bevattningen. Härav kan dras slutsatsen att normalbevattning gett en minskad utlakning och överskottsbevattning en ökad utlakning jämfört med obevattnat försöksled. Även om den gjorda korrigeringen är grov bör den ge en kvalitativt fullgod värdering.

Slutligen kan konstateras att de för alla leden funna uttransporterna om 1-3 kg/ha NO₃-N varit mycket låga. Detta är inte representativt för sandjordar i gemen, inte heller för denna sandjord över en följd av år.

Tabell 2. Relativa nitrathalter i dräneringsvattnet under två bakgrundsår och ett bevattningsår. *Relative content of nitrate in the drainage water during two background years and one irrigation year.*

| Ruta | Bevattn. (mm) | Bakgrund | | | Bevattnad 79/80 | Förändring (%) |
|------|------------------|----------|-------|-------|--------------------|-------------------|
| | | 74/75 | 77/78 | Medel | | |
| 5 | 2x50 | 43,1 | 56,6 | 49,9 | 65,9 | +32 |
| 6 | 2x25 | 66,4 | 67,1 | 66,8 | 49,7 | -25 |
| 7 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | ±0 |

Ruta, *plot*. Bevattning, *irrigation*. Bakgrund, *background*. Förändring, *change*.

Sandjordar har emellertid egenskapen att ha en mellan åren starkt varierande utlakning. Detta år var utlakningen extremt låg.

SAMMANFATTNING

Från juni 1979 till april 1980 följdes nitrattutlakningen i ett bevattningsförsök. Grödan var vårraps. Försöksplatsen låg vid Plönningseskolan i Halland. Genom en speciell dränering kunde avrinningen mätas och provtas för analys. Jordarten var mellansand. De använda bevattningsregimerna var obevattnat, normalbevattnat och överskottsbevattnat. Bevattningen förorsakade avrinning under sommarmånaderna. Den uttransporterade nitrattmängden var låg och varierade mellan 1 och 3 kg/ha NO₃-N. Normalbevattning minskade och överskottsbevattning ökade utlakningen jämfört med obevattnat.

REFERENSER

- Brink, N. & Joelsson, A. 1978. Stallgödsel på villovägar. *Ekohydrologi* nr 2, 1-15.
- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XVIII. *Grundförbättring*, 22, 59-66.

| Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|---|
| 12 | 1982 | Nils Brink och Rikard Jernlås. Utlakning vid spridning höst och vår av flytgödsel. <i>Leaching after spreading of liquid manure in autumn and spring.</i> |
| | | Gunnar Fryk och Thord Ohlsson. Infiltration av lakvatten från malda sopor. <i>Leachate migration through soils.</i> |
| | | Nils Brink. Measurement of mass transport from arable land in Sweden. |
| | | Arne Gustafson. Leaching of nitrate from arable land into groundwater in Sweden. |

- | Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|---|
| 6 | 1980 | Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsförluster i Skåne och Halland. <i>Losses of Nutrients in Skåne and Halland.</i> Nils Brink, Sven L. Jansson och Staffan Steineck. Utlakning efter spridning av potatisfruktsaft. <i>Leaching after Spreading of Potato Juice.</i> Nils Brink och Arne Gustafson. Att spå om gödselkväve. <i>Forecasting the Need of Fertilizer Nitrogen.</i> Arne Gustafson och Börje Lindén. Lantbruksuniversitetet satsar på exakta kvävegödsling. |
| 7 | 1980 | Nils Brink och Börje Lindén. Vart tar handelsgödselkvävet vägen. <i>Where does the Commercial Fertilizer go.</i> Barbro Ulén och Nils Brink. Omgivningens betydelse för primärproduktionen i Vadsbrosjön. <i>The Importance of the Environment for the Primary Production in Lake Vadsbrosjön.</i> Arne Gustafson. Jordbruket och grundvattnet. Nils Brink. Utlakningen av växtnäring från åkermark. Nils Brink. Vart tar gödseln vägen. |
| 8 | 1981 | Nils Brink. Förurning av grundvatten på åker. <i>Acidification of Groundwater on Arable Land.</i> Rikard Jernlås och Per Klingspor. TCA-utlakning från åker. <i>Leaching of TCA from Arable Land.</i> Arne Joelsson. Ytavspolning av fosfor från åkermark. <i>Storm Washing of Phosphorus from Arable Land.</i> Arne Gustafson, Sven-Olof Ryding och Barbro Ulén. Kontroll av växtnäringsläckage från åker och skog. <i>Control of Losses of Nutrients from Arable Land and Forest.</i> |
| 9 | 1981 | Barbro Ulén och Nils Brink. Miljöeffekter av ureaspridning och glykolanvändning på en flygplats. <i>Environmental effects of spreading of urea and use of glycol at an airport.</i> Gunnar Fryk. Utlakning från upplag av malda sopor. <i>Leachate from piles of shredded refuse.</i> |
| 10 | 1982 | Arne Gustafson och Arne S. Gustavsson. Växtnäringsförluster i Västergötland och Östergötland. <i>Losses of nutrients in Västergötland and Östergötland.</i> Barbro Ulén. Växtnäringsförluster från åker och skog i Södermanland. <i>Losses of nutrients from arable land and forests in Södermanland.</i> Arne S. Gustavsson och Barbro Ulén. Nitrat, nitrit och pH i dricksvatten i Västergötland, Östergötland och Södermanland. <i>Nitrate, nitrite and pH in drinking water in Västergötland, Östergötland and Södermanland.</i> Lennart Mattsson och Nils Brink. Gödslingsprognoser för kväve. <i>Fertilizer forecasts.</i> |
| 11 | 1982 | Barbro Ulén. Vadsbrosjöns närsaltsbelastning och trofinivå. <i>The nutrient load and trophic level of Lake Vadsbrosjön.</i> Arne Andersson och Arne Gustafson. Metallhalter i dräneringsvatten från odlad mark. <i>Metal contents in drainage water from cultivated soils.</i> Arne Gustafson. Växtnäringsförluster från åkermark i Sverige. Barbro Ulén. Erosion av fosfor från åker. <i>Erosion of phosphorus from arable land.</i> Rikard Jernlås. Kväveutlakningens förändring vid reducerad gödsling. |

Denna serie efterträder den åren 1970-1977 utgivna serien Vattenvård. Här publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för vattenvård vid institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien Vattenvård redovisas i Ekohydrologi nr 1-6. Tidigare nummer i serien Ekohydrologi redovisas nedan. Alla kan i mån av tillgång anskaffas från avdelningen för vattenvård (adress nedan).

This series is a successor to Vattenvård published in 1970-1977. Here you will find research reports from the Division of Water Management at the Department of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences. The Vattenvård series is listed in Ekohydrologi 1-6. You will find earlier issues of Ekohydrologi listed below. Issues still in stock can be acquired from the Division of Water Management (address, see below).

| Nr | År | Författare och titel. <i>Author and title.</i> |
|----|------|--|
| 1 | 1978 | Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av växtnäring från åker. <i>Losses of nutrients from arable land.</i> |
| 2 | 1978 | Nils Brink och Arne Joelsson. Stallgödsel på villovägar. <i>Manure Gone Astray.</i> Lars Lingsten och Nils Brink. Åkergödslingens inverkan på miljön i en bäck. <i>The Effect of Agricultural Manuring on the Environment in a Brook.</i> Nils Brink. Kväveutlakning från odlingsmark. <i>Nitrogen Leaching from Arable Land.</i> |
| 3 | 1979 | Sven-Åke Heinemo och Nils Brink. Utlakning ur kompost av sopor och slam. <i>Leachate from Compost of Refuse and Sludge.</i> Nils Brink. Self-purification studies of silage juice. Arne Gustafson och Mats Hansson. Växtnäringsläckage på Kristianstads-slätten. <i>Loss of Nutrients on the Kristianstad Plain.</i> Per-Gunnar Sundqvist och Nils Brink. En gödselstad förorenar dricksvatten. <i>Pollution of the Groundwater by a Dung Yard.</i> |
| 4 | 1979 | Nils Brink. Vattnet är det yppersta. Arne Gustafson och Börje Lindén. Kvävebehovet för 1979. Nils Brink, Arne Gustafson och Gösta Persson. Förluster av kväve, fosfor och kalium från åker. <i>Losses of nitrogen, phosphorus and potassium from arable land.</i> |
| 5 | 1979 | Gunnar Fryk och Sven-Åke Heinemo. Självrening av lakvatten från kompost på sand och mo. <i>Self-purification of leachate from compost on sand and fine sand.</i> Nils Brink. Växtnäringsförluster från skogsmark. <i>Losses of Nutrients from Forests.</i> Nils Brink. Utlakning av kväve från agroekosystem. <i>Leaching of Nitrogen from Agro-Ecosystems.</i> Nils Brink. Ytvatten, grundvatten och vattenförsörjningen. |

DISTRIBUTION:

Pris: 20:-

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för vattenvård
750 07 UPPSALA, Sweden

tel 018-17 24 60